

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Studijní program: Textil

Obor: Mechanická textilní technologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Mechanické vlastnosti osnovních pletenin – výztuží vyrobených na galonovém stávku

Mechanical properties of warp knitted fabric – reinforcements made on the crochet knitting machine

Autor: Jana Hubařová

Vedoucí: Ing. Irena Lenfeldová, Phd.

Konzultant: Ing. Martina Syrovátková

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Abstrakt

Tato práce se zabývá mechanickými vlastnostmi osnovních pletenin – výztuží vyrobených na galonovém stávku.

V rešeršní části jsou uvedeny charakteristiky, popisy výroby a použití monoaxiálních, biaxiálních a multiaxiálních pletenin.

V experimentální části jsou navrženy vazby, které byly upleteny na galonovém stávku. Výsledky zkoušky mechanických vlastností těchto pletenin jsou vyhodnoceny a zobrazeny v tabulkách a grafech.

Klíčová slova

Galonový stávek, osnovní pletenina, výztuž

Abstract

This bachelor thesis deals with the mechanical properties of warp knitted fabric – reinforcements made on the crochet knitting machine.

In search of the bachelor thesis are indicated characteristics of fabrics, descriptions of the production and use of monoaxial, biaxial and multiaxial fabrics. In the experimental part are suggested bonds, which have been knitted on crochet knitting machine.

Test results of mechanical properties of these knitted fabrics are evaluated and displayed in tables and graphs.

Keywords

Crochet knitting machine, warp knitted, reinforcement

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Rešeršní část.....	4
2.1	Galonový stávek [4]	4
2.2	Přímo orientované struktury.....	5
2.2.1	Monoaxiální pleteniny	6
2.2.1.1	Charakteristika monoaxiálních pletenin.....	6
2.2.1.2	Výroba monoaxiálních pletenin	7
2.2.2	Biaxiální pleteniny	8
2.2.2.1	Charakteristika biaxiálních pletenin.....	8
2.2.2.2	Výroba biaxiálních pletenin	8
2.2.3	Triaxiální pleteniny	8
2.2.3.1	Charakteristika triaxiálních pletenin	8
2.2.3.2	Výroba triaxiálních pletenin.....	8
2.2.4	Multiaxiální pleteniny	9
2.2.4.1	Charakteristika multiaxiálních pletenin	9
2.2.4.2	Výroba multiaxiálních pletenin.....	9
2.3	Použití pletených technických textilií [5]	10
2.3.1	Technické textilie ve stavebnictví.....	11
2.3.1.1	Textilní výztuže v betonu [1]	11
2.3.1.2	Zpevňování fasád a zdí [2].....	11
2.3.1.3	Rekonstrukce starých objektů [3].....	12
2.3.1.4	Stěnové polotovary [1].....	13
2.4	Vlastnosti pletených výztuží	14
2.5	Struktura výztuží	14
2.5.1	Otevřené struktury.....	14
2.5.2	Uzavřené struktury	14
2.6	Používané materiály	15
2.7	Charakteristika vstupních materiálů.....	15
2.7.1	Aramidová vlákna	15
2.7.1.1	Výroba aramidových vláken	15
2.7.1.2	Vlastnosti aramidových vláken	15
2.7.2	Polyesterová vlákna	15
2.7.2.1	Výroba polyesterových vláken.....	15
2.7.2.2	Vlastnosti polyesterových vláken	15
2.7.3	Polyethylenová vlákna	16
2.7.3.1	Výroba polyethylenových vláken	16
2.7.3.2	Vlastnosti polyethylenových vláken	16
3	Experimentální část.....	17
3.1	Mechanické vlastnosti vstupních materiálů	17
3.1.1	Zkoušení mechanických vlastností vstupních materiálů.....	17
3.1.2	Výsledky měření mech. vlastností vstupních materiálů.....	17
3.1.3	Zhodnocení výsledků měření mechanických vlastností vstupních materiálů	19
3.1.4	Výběr materiálu.....	20
3.2	Vazby	20
3.2.1	Návrh vazeb	20
3.2.2	Výběr základní vazby.....	22
3.2.3	Vazby s druhou kladecí lištou	22

3.3	Zhotovení pletenin	24
3.3.1	Příprava materiálu	24
3.3.2	Pletení vzorků.....	24
3.4	Charakteristika výztuží.....	25
3.4.1	Parametry pleteniny	25
3.4.1.1	Hustota pleteniny	25
3.4.1.2	Spotřeba materiálu	25
3.4.1.3	Plošná hmotnost pleteniny	26
3.5	Zpracovatelnost multifilů na galovém stávku	26
3.5.1	Zpracovatelnost polyesterového multifilu	26
3.5.2	Zpracovatelnost aramidového multifilu	27
3.6	Zkoušení mechanických vlastností pletenin	28
3.6.1	Příprava vzorků	28
3.6.2	Zkoušení vzorků.....	29
3.6.3	Výsledky měření	29
3.6.4	Faktory ovlivňující výsledné křivky	33
3.6.4.1	Podélný směr.....	33
3.6.4.2	Příčný směr	34
3.6.5	Vliv vkládaných soustav nití na jednotlivé vazby.....	35
3.6.5.1	Podélný směr.....	36
3.6.5.2	Příčný směr	37
3.6.6	Celkové zhodnocení samotných vazeb	38
4	Závěr	39
5	Příloha	42

1 Úvod

V současné době se osnovní pleteniny stále více používají v různých průmyslových odvětvích. Jedná se především o stavebnictví, zemědělství, letectví, kosmonautiku, sportovní a automobilový průmysl atd. Pro tyto technické aplikace se používají monoaxiální, biaxiální a multiaxiální pleteniny. Pletené výztuže mají největší význam ve stavebním sektoru.

Vědci neustále hledají využití pro pletené výztuže do nových projektů. S použitím vhodného materiálu, vazby či zpracování docílili mnoha zlepšení u již používaných, ale také nových metod.

V rešeršní části jsou uvedené základní charakteristiky a popis výroby monoaxiálních, biaxiálních a multiaxiálních pletenin. V kapitole „Technické textilie ve stavebnictví“ je podrobnější popis použití pletených textilních výztuží. Popis je včetně konkrétních příkladů jednotlivých typů pletenin s popisem vazeb, použitého vstupního materiálů, vlastností a struktury. Poslední kapitola obsahuje charakteristiku, výrobu a vlastnosti vstupních materiálů pro experimentální část. V rešeršní části je uveden stručný popis galonového stávku, na kterém byly upleteny vzorky.

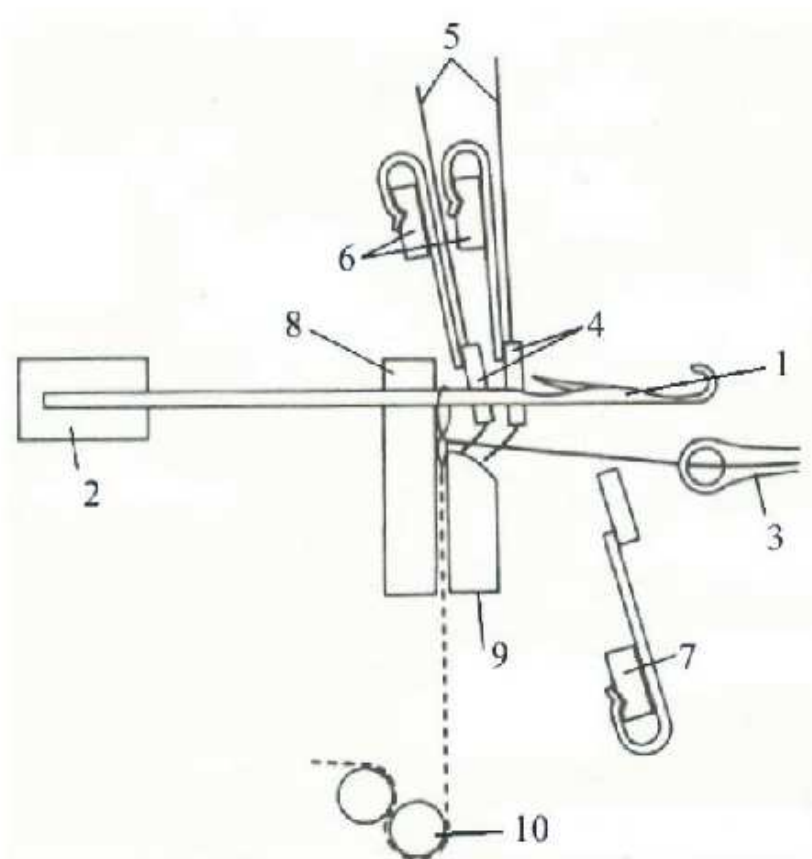
V experimentální části jsou vyhodnocené výsledky vstupních materiálů, ze kterých byly upleteny vzorky podle předem navržených vazeb. Pleteniny jsou charakterizovány pomocí parametrů - hustoty, spotřeby a plošné hmotnosti. Pleteniny byly podrobeny zkoušce pevnosti tahem podle příslušných norem. Výsledky zkoušky jsou statisticky zpracovány a vyhodnoceny pomocí grafů a tabulek. V poslední kapitole v experimentální části je zhodnocení vlivu pevnosti vkládaných soustav nití u jednotlivých vazeb. Experimentální část obsahuje kompletní popis práce.

2 Rešeršní část

2.1 Galonový stávek [4]

Galonový stávek (obr. 1) je osnovní pletací stroj. Pletenina je tvořena řetízkem, kladením pod jehlami případně frontálním útkem. Je pouze jednolůžkový a jeho konstrukce vychází z rašlového stroje.

Tvorbu řetízku obstarávají jazýčkové nebo karabinkové jehly, které jsou uloženy horizontálně v jehelním lůžku. Proti nim směřují ze předu pod úhlem cca. 180° kladecí jehly s navlečenou osnovou, která je přiváděna z cívečnice, jenž je uložena za strojem, popř. ve spodní části stroje. Z horní části pracovního ústrojí, kolmo k jehelnímu lůžku, směřují kladecí lišty. Kladecí lišty kladou nitě jen pod jehlami. Materiál v nich navlečený je přiváděn z cívečnice umístěné za strojem popř. nad stávkem.



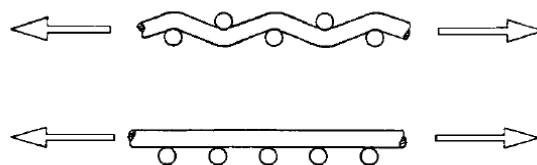
Obr. 1 – Pracovní ústrojí galonového stávku

1 – jazýčková jehla; 2 – jehelní lůžko; 3 – kladecí jehla; 4 – vodiče pro kladení pod jehlami; 5 – nitě pro kladení pod jehlami; 6 – kladecí lišty; 7 – kladení frontálního útku; 8 – odhazová hrana lůžka; 9 – uzavírací lišta; 10 – odtahové zařízení

2.2 Přímě orientované struktury

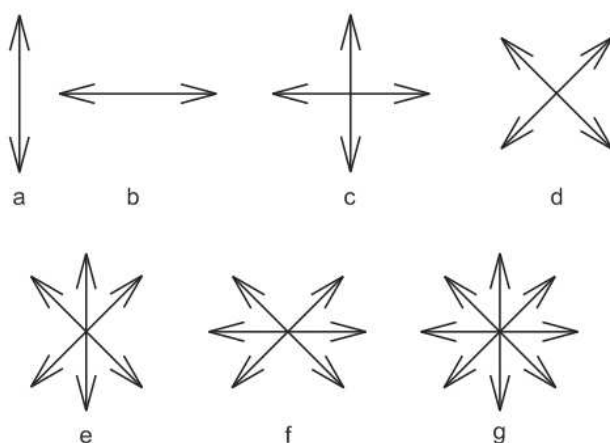
Pleteniny typu D. O. S. (Directionally oriented structures) jsou vyráběny na osnovních pletacích strojích rašlových nebo na osnovním a galonovém stávkě. Základem pletenin je jednoduchá základní vazba, jako je řetízek nebo trikot. Do tohoto základu se vkládají soustavy nezvlněných nití.

Na obrázku č. 2 je znázorněn rozdíl vložené nitě v tkanině a pletenině. V tkanině se nit' v důsledku zatčení zvlní podle osnovy. V pletenině zůstane vložená nit' nezvlněná.



Obr. 2 - Zvlněná nit zatčená do tkaniny a přímá nit vložená do pleteniny

Nitě mohou být vložené přes celou šíři pleteniny nebo kladením pod jehlami. Soustavy nití jsou vkládány ve směru útku, osnovy a diagonálních nití a jejich kombinacemi (obr. 3).



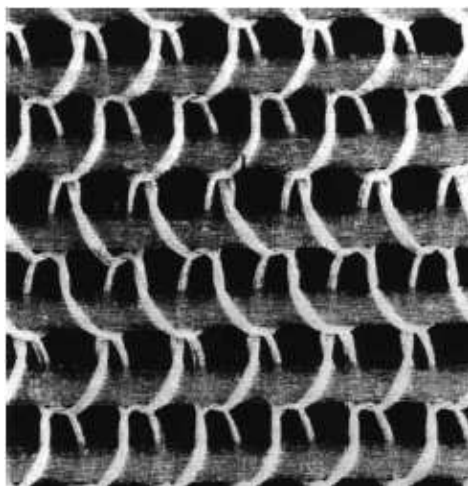
Obr. 3 – Nitě vložené do pleteniny: a) ve směru osnovy, b) ve směru útku, c) ve směru osnovy a útku, d) ve směru diagonál, e) ve směru diagonál a osnovy, f) ve směru diagonál a útku, g) ve směru diagonál, osnovy a útku

Na nitě, které jsou přímo vloženy (nezvlněné) do pleteniny, nepůsobí deformační síly, jako tomu je u nití zohýbaných v důsledku zapletení do pleteniny nebo zatkaných do tkaniny. Mezi pleteniny typu D. O. S. řadíme monoaxiální, biaxiální, triaxiální a multiaxiální pleteniny.

2.2.1 Monoaxiální pleteniny

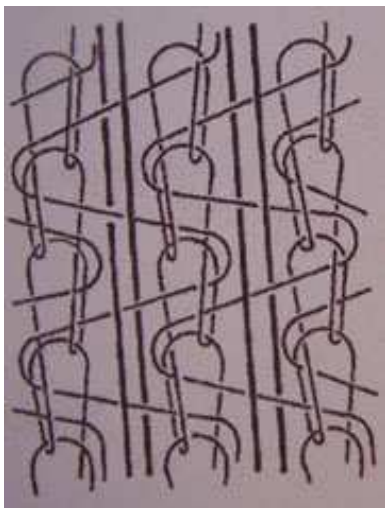
2.2.1.1 Charakteristika monoaxiálních pletenin

U monoaxiálních pletenin jsou do základního vazebního prvku vkládány nitě pouze v jednom směru. Nejčastěji se jedná o frontální útek zakládáný do řetízku pod úhlem 90° (viz obr. 4). Možné je vkládat osnovní nitě (0°) pomocí pevné kladecí lišty nebo kladecí lišty bez pohybu. Vazba ale musí mít takové provázání, aby byly nitě zachyceny mezi spojovacími kličkami oček. Vznikají síťované struktury.



Obr. 4 – Monoaxiální pletenina

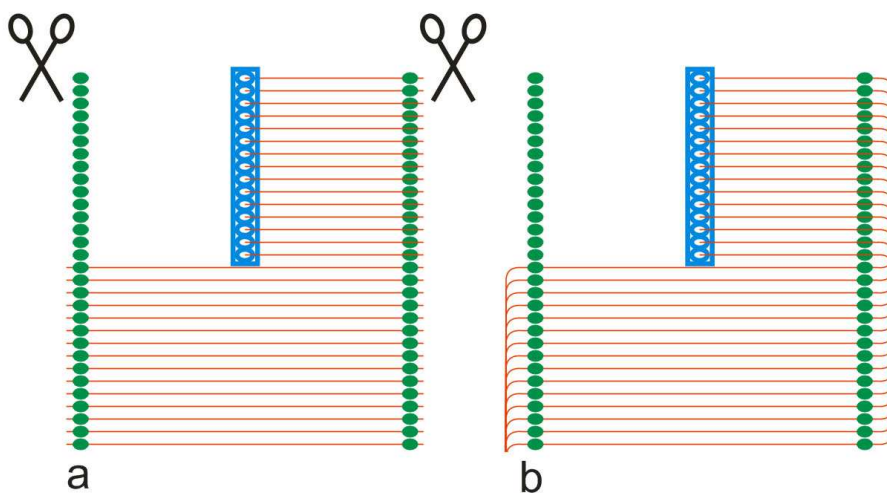
V případě výroby monoaxiálních pletenin na osnovním stávku se zakládají osnovní nitě technologií CO-WE-NIT. Touto technologií vzniká vazby složená z řetízku, trikotového kladení a osnovních nití (obr. 5). Nítě kladecí lišty jsou po kladení a úhybném kladení sraženy srážecím plechem na stvoly jehel. Tím se vytvoří chytové kličky (kladení pod jehlami). Osnovní nitě se kříží s útkovým kladením.



Obr. 5 – Vazba vytvořená technologií CO-WE-NIT

2.2.1.2 Výroba monoaxiálních pletenin

Útky se vkládají v plné šíři pracovního ústrojí. Útky mohou být přiváděny pomocí transportního pásu k jehelnímu lůžku. Nitě mohou být stříhané v potřebné délce nebo přiváděny nepřetržitě v délce nitě na cívce. V prvním případě musí být kraje transportního pásu opatřeny svorkami (upínkami). Svorky drží konce nití, aby nedošlo k uvolnění útku před zapletením (obr. 6a). V druhém případě jsou na obou stranách transportního pásu háčky, za které se nitě přiváděné z cívek zachycují (obr. 6b). K uvolnění zachyceného útku ze svorek či háčků dochází při zapletení. Útek je zaplétán mezi očko a spojovací kličku.

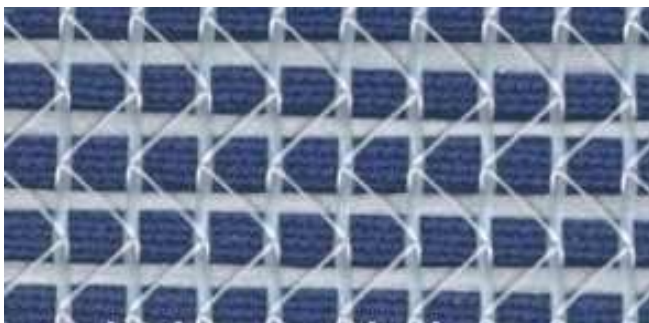


Obr. 6 – Uchycení útkových nití na transportním páse: a) stříhané v potřebné délce, b) v nepřetržité délce

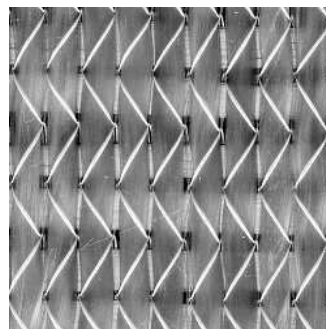
2.2.2 Biaxiální pleteniny

2.2.2.1 Charakteristika biaxiálních pletenin

Do základního vazebního prvku jsou vkládány soustavy nití ve dvou směrech. Nejčastěji jsou vkládány soustavy nití ve směru osnovy (0°) a útku (90°) (obr.7 a 8). Základním provázáním musí být zvolena vazba, která umožní provázání vkládaných soustav nití. Jednotlivé nitě vkládaných soustav jsou vedeny mezi spojovacími kličky oček.



Obr. 7 – Biaxiální pletenina



Obr. 8 – Biaxiální pletenina

2.2.2.2 Výroba biaxiálních pletenin

Útkové nitě jsou zaváděny stejným způsobem jako u monoaxiálních pletenin. Nitě ve směru osnovy, jsou vedeny pomocí pevného kladečního přístroje tzv. slepým kladením (0-0/0-0//). Biaxiální pleteniny nabízejí také možnost vkládaných diagonálních nití (-45° a $+45^\circ$). Výroba je obdobná jako u pletenin multiaxiálních (viz. kap. Výroba multiaxiálních pletenin).

2.2.3 Triaxiální pleteniny

2.2.3.1 Charakteristika triaxiálních pletenin

Soustavy nití jsou vkládány ve třech směrech. Dvě soustavy diagonálních nití (-45° a $+45^\circ$) jsou doplněny o soustavu vloženou ve směru útku nebo osnovy.

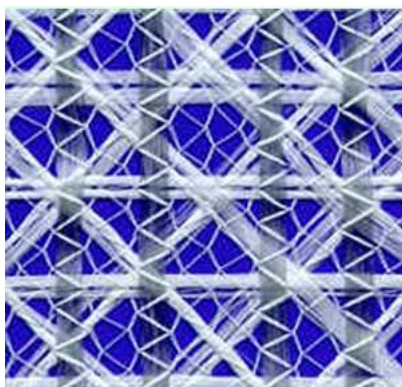
2.2.3.2 Výroba triaxiálních pletenin

Triaxiální pleteniny jsou vyráběny obdobnou technologií jako pleteniny multiaxiální (viz. kap. Výroba multiaxiálních pletenin).

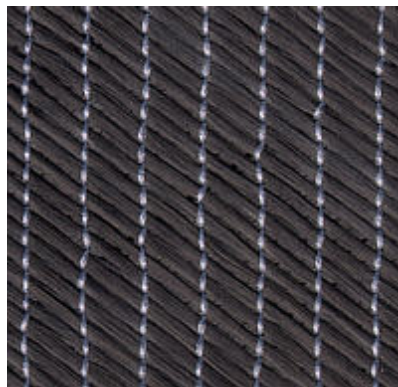
2.2.4 Multiaxiální pleteniny

2.2.4.1 Charakteristika multiaxiálních pletenin

Soustavy nití jsou vkládány pod úhlem 30° až 90°. Soustav může být vkládáno několik najednou včetně útků a nití vložených ve směru osnovy (obr. 9 a 10).



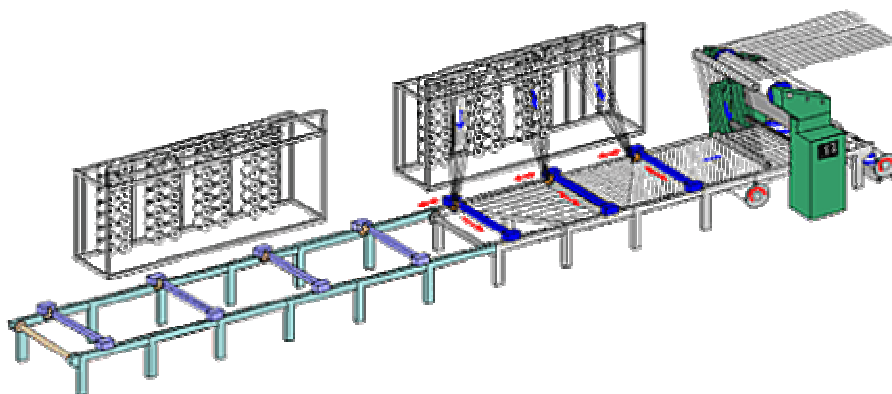
Obr. 9 – Multiaxiální pletenina



Obr. 10 – Multiaxiální pletenina

2.2.4.2 Výroba multiaxiálních pletenin

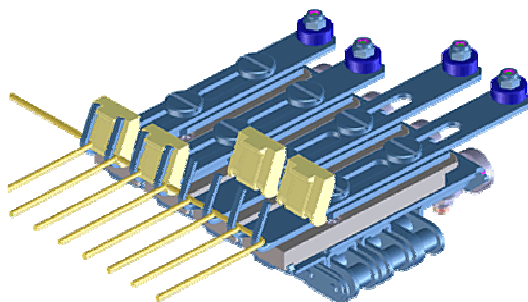
Z cívečnic jsou přiváděny nitě k dopravnímu pásu stroje, kde jsou navedeny do útkového podavače (obr. 11). Útkový podavač přejíždí střídavým pohybem od jednoho kraje ke druhému kraji dopravního pásu, kde otáčivým pohybem kolem otevřených háčků zachytí útkové nitě (LIBA Copcentra HS-ST zakládá až 30 nití najednou).



Obr. 11 – Osnovní pletací stroj s pásovým podavačem

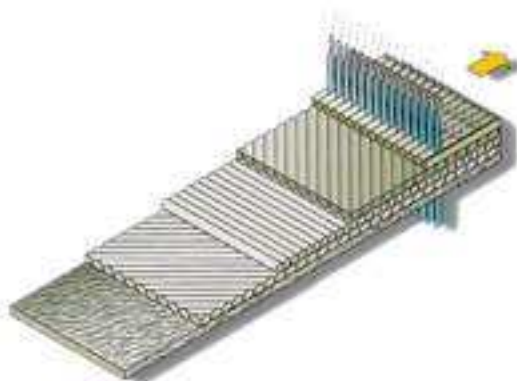
Po zachycení nitě se automaticky uzavřou upínací uzávěry na háčkách, které zabraňují opětovnému uvolňování již zachycených nití z háčků (obr. 12). Háčky jsou připevněné na pohybujícím se uzavřeném transportním pásu. Tento

princip se stále opakuje a to i v několika vrstvách najednou. Na každé straně přípravného stolu rotuje jeden samostatný transportní pás.



Obr. 12 – Háčky transportního řetězu

Do háčků jsou postupně zachycovány další vrstvy. Jednotlivé vrstvy (obr. 13) jsou vkládány pod různým, předem daným úhlem (např. -45° , $+45^\circ$, 90°). Spodní vrstvu může tvořit netkaná textilie. Takto připravené soustavy nití jsou po dopravním pásu přiváděny k jehlám, kde jsou propletením osnovy spojeny ve výslednou pleteninu. Osnova do jehel pracovního ústrojí je přiváděna z vrchu ze samostatného osnovního válu či cívečnice.



Obr. 13 – Vrstvení multiaxiálních pletenin

2.3 Použití pletených technických textilií [5]

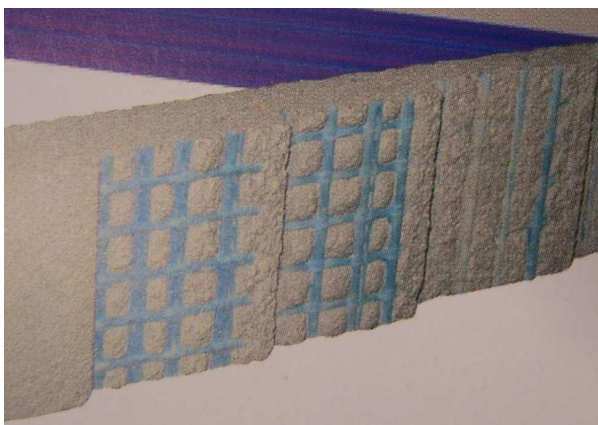
- Letectví – zde se textilie používá na potahování (povrchy) skeletu (rámu) křídel, hlavně u malých osobních letadel a u ultralightů (ultralajtů) i na potažení hlavního trupu, díky své malé hmotnosti a relativní pevnosti.
- Automobilový průmysl – V deformačních zónách automobilů (nárazníky, ochranné bočnice dveří,...) jsou použity speciální výztuže, které lze tvarovat.

- Geotextilie – Textilie se používají pro odvodňování, filtraci a protierozní ochraně, pro vyztužení a stabilizaci silnic, asfaltových vrstev vozovky, železnic a strmých svahů.
- Stavebnictví – V současné době se textilní výztuže používají hlavně v tomto sektoru. Jedná se o vyztužování stavebních dílců, zpevňování fasád, nosných zdí, příček, stropů a to jak při výstavbě nových budov nebo při rekonstrukci starých objektů. Textilie se stávají i součástí střešních krytin.
- Ostatní – Do této kategorie se řadí krycí a ochranné plachty, ploty, rolety, skladovací sítě, pytle, bezpečnostní textil (ochranné oděvy, přilby), filtry, dopravní pásy a medicínské pomůcky.

2.3.1 Technické textilie ve stavebnictví

2.3.1.1 Textilní výztuže v betonu [1]

Ačkoli beton velmi dobře odolává tlakovým silám, má nízkou tahovou sílu a pevnost v ohybu. Textilní výztuže vyrovnají svými vlastnostmi tyto nedostatky podstatně lépe než výztuže ocelové a to v mnoha ohledech. Především je to nízká hmotnost výsledného produktu, vysoká pevnost a velmi dobrá termoizolační schopnost. Vyztužování je možné aplikovat ve více vrstvách (obr. 14). U textilních výztuží nedochází ke korozi, čímž se zabráňuje prasklinám a trhlinám v betonu. Hlavním využitím těchto výztuží je zpevňování mostů a pěších lávek.



Obr. 14 – Vyztužování betonu ve vrstvách

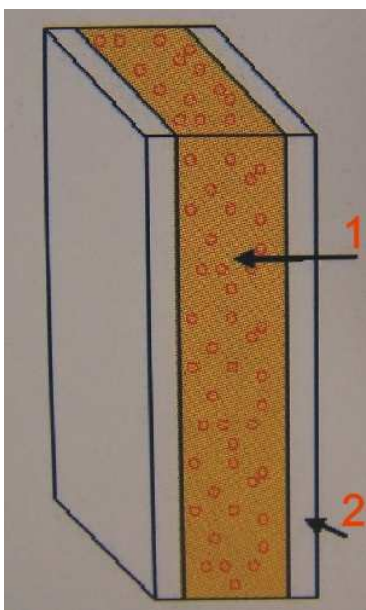
2.3.1.2 Zpevňování fasád a zdí [2]

Pro tyto účely se používají monoaxiální a biaxiální pleteniny. Výztužná síťovina je buď přikládána na čerstvě omítnutou stěnu a do malty zatlačována,

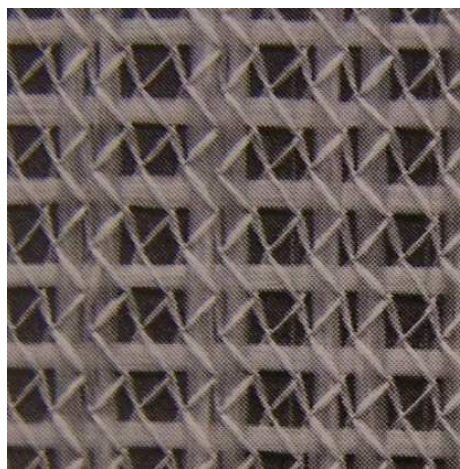
nebo je celá zalitá do vrstvičky betonu a připevňuje se jako pevná deska ke stěně (tzv. sendvičové vrstvení) (obr. 15).

Textilní výztuž snižuje spotřebu materiálu až o 80% ve srovnání s konvenčními betonovými stavebními materiály. Výztuž redukuje nedostatky betonu a snižuje váhu výsledného produktu. S výztuží je snadná manipulace a instalace. Tyto výhody snižují dopravní náklady a dobu montáže. Použité textilní substráty jsou odolné vůči korozi. Dále nabízí vynikající tepelnou izolaci a dobré akustické vlastnosti.

Mřížovaná struktura pleteniny (viz obr. 16) je tvořena 2 skleněnými multifily o jemnosti 1200 texů ve směru osovy ve vzdálenosti 12,6 mm od sebe a 1 skleněným multifilem ve směru útku ve vzdálenosti 8,2 mm od sebe. Vše je propleteno skleněným multifilem o jemnosti 167/2 texů trikotovou vazbou. V pletenině vyniknou mřížky o rozměrech 8x4 mm. Váha výsledné pleteniny je 376 g/m².



Obr. 15 – Sendvičové vrstvení



Obr. 16 – Vazba výztuže pro sendvičové vrstvení

2.3.1.3 Rekonstrukce starých objektů [3]

Textilní výztuže jsou vhodné i pro zpevnění zdí z pálených a nepálených hliněných cihel (známé jako vepřovice) při rekonstrukci archeologických památek. Při zpevňování zdí je způsob obdobný jako při zpevňování fasády. Textilie jsou zatlačeny do omítnuté malty před zaschnutím. U neporušených zdí se zpevňuje plocha kolmá k zemi. Pokud se zeď nebo její

část musí stavět nová, zpevňují se jednotlivé vrstvy. Takto zpevněné zdění odolává jakýmkoliv silám včetně zemětřesení.



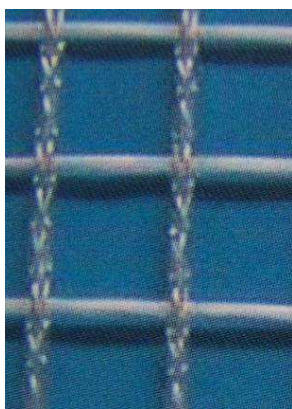
Obr. 17 – Zpevnění zrekonstruované zdi

Pro toto zpevňování se používají biaxiální textilie s čtvercovou strukturou (obr. 17). Pletenina je vyrobena ze skleněných vláken odolných vůči alkáliím o jemnosti 2400 texů. Rozměry mřížky jsou 21,8x21,8 mm. Výztuž je dodávána v rolích. Potřebné rozměry se z role odřezávají na místě před použitím.

2.3.1.4 Stěnové polotovary [1]

Lehké velké formátové betonové stěnové desky se používají pro stavbu kancelářských a průmyslových budov.

Nemají žádnou statickou nosnou funkci, proto se používají jako vyplňující materiál. Použitím vhodné pletené výztuže se získá lehký, smyku vzdorný, betonový komponent s vysokou izolační kapacitou o tloušťce pouhých 4 cm.



Obr. 18 – Biaxiální pletenina pro stěnové polotovary

Textilní výztuží může být triaxiální pletenina s uspořádáním skleněných multifilů o jemnostech až 2500 texů ve směrech -60° , 0° a $+60^\circ$ (obr. 19). Na obrázku č. 18 je biaxiální pletenina ze skleněných nití o jemnosti 1200 texů s uspořádáním 66 nití/m.



Obr. 19 – Triaxiální pletenina pro stěnové polotovary

2.4 Vlastnosti pletených výztuží

Pletené výztuže jsou lehké. Vzhledem k variabilitě šíře a váhy pleteniny je manipulace a instalace výztuže snadná i v hůře přístupných místech (např. klenby). Díky váze také snižují náklady na dopravu a zkracují montážní čas. Jelikož jsou tyto výztuže velmi pevné, zmenšují se vrstvy kompozitního materiálu na minimum (redukce materiálu až o 80%). Při použití materiálu odolném vůči alkáliím se zvýší životnost vyztužených zdí, mostů, cest atd. o desítky let. Výztuže nabízejí vysokou termoizolační kapacitu a dobré akustické a tepelné vlastnosti.

2.5 Struktura výztuží

2.5.1 Otevřené struktury

Mezi otevřené struktury řadíme síťované výrobky. Nejjednodušší otevřené struktury se vyrábějí na galonových stávcích, kde se spojují jednotlivé řetízky kladením jen pod jehlami, případně se zakládá útek přes celou šíři pleteniny. Jednoduše lze měnit rozměry v síťovaných strukturách změnou dělení stroje a vazbou kladecích přístrojů, popř. hustotou vkládání útků.

2.5.2 Uzavřené struktury

Uzavřené struktury vytvářejí pleteniny s vyšší hustotou a plošnou hmotností. Jejich vazby jsou málo elastické, ale jsou rozměrově stálé. U pletenin s uzavřenou strukturou je vyšší spotřeba vstupního materiálu.

2.6 Používané materiály

Pro pletené textilní výztuže se používají vysoce pevné polyesterové, polyamidové, polypropylenové a polyethylenové multifily. Dále se používají skleněné, uhlíkové a aramidové multifily. Materiály se mohou možné kvůli speciálním vlastnostem kombinovat.

2.7 Charakteristika vstupních materiálů

2.7.1 Aramidová vlákna

Aramidová vlákna jsou vyrobena z polyamidů s dlouhým uhlovodíkovým řetězcem, přičemž 85% jeho peptidických vazeb musí být vázáno se dvěma aromatickými jádry. Para-aramidy mají výrazně vyšší pevnost v tahu a vyšší modul pružnosti.

2.7.1.1 Výroba aramidových vláken

Polymer je tvořen organickým rozpouštědlem (N-metylpyrolidon) a iontovou složkou (CaCl_2), která se váže na vodíkové můstky. Polymer se zvlákní přes trysku a tuhne průchodem spřádací lázní. Následně se suší a dluží při teplotě 300-400 °C.

2.7.1.2 Vlastnosti aramidových vláken

Aramidová vlákna mají vysokou pevnost, odolnost vůči chemikáliím a slunečnímu záření. Výhodami jsou stálosti v olejích, tucích, organických rozpouštědlech a zředěných kyselinách. Vlákna jsou nehořlavá, netaví se, teprve až při teplotě cca. 400 °C zuhelnatí. Nevýhodou je malá odolnost vůči ultrafialovému záření a špatná barvitelnost.

2.7.2 Polyesterová vlákna

Polyesterové vlákno je tvořeno skupinou polymerů, které obsahují esterovou funkční skupinu.

2.7.2.1 Výroba polyesterových vláken

Polykondenzací dimethyltereftalátu a glykolu vzniká polyethyltereftalát, který se následně zvlákní.

2.7.2.2 Vlastnosti polyesterových vláken

Ke kladným vlastnostem patří odolnost na světle, v oděru a vůči povětrnostním podmínkám. Vlákna jsou velmi odolná a stálá při vysokých

teplotách (až 150°). Odolávají také většině minerálních kyselin a organickým rozpouštědlům.

Další vlastností je malá navlhavost, která je však příčinou nabíjení statickou elektřinou.

2.7.3 Polyethylenová vlákna

2.7.3.1 Výroba polyethylenových vláken

Vlákna vznikají polymerací ethylenu. Vyrábějí se zvlákněním této taveniny.

2.7.3.2 Vlastnosti polyethylenových vláken

Vlákna mají vysokou pevnost v tahu, velmi dobře odolávají ultrafialovému záření a mnoha chemikáliím. Mají nulovou navlhavost a špatně se řezou.

3 Experimentální část

3.1 Mechanické vlastnosti vstupních materiálů

3.1.1 Zkoušení mechanických vlastností vstupních materiálů

Vstupní materiály byly podrobeny v laboratoři Katedry textilních technologií na přístroji TESTOMETRIC M350-5CT zkoušce pevnosti tahem dle přepisu normy ČSN EN ISO 2062. Zkoušené materiály byly v prostředí laboratoře před zkoušením 24 hodin klimatizovány. Zkouška byla provedena při teplotě 21° a vlhkosti 65%.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny jemnosti, předpětí a rychlosti zkoušky pro jednotlivé multifily. Předpětí bylo dopočítáno podle vzorce z výše uvedené normy: $\text{předpětí}[\text{mN/tex}] = T [\text{tex}] \times 5$. Zkoušenými materiály byly polyesterové, aramidové (obchodním názvem Twaron) a polyethylenové (obchodním názvem Dyneema) multifily. Pro aramidové a polyethylenové multifily byly použity pneumatické čelisti. Při zkoušení materiálu Dyneema docházelo v pneumatických čelistech k prokluzování, byly proto použity čelisti mechanické.

Název	Jemnost [tex]	Předpětí [N/tex]	Rychlost zkoušky [mm/min]
PES	83	415	250
PES	110	550	200
Twaron	93	465	45
Twaron 2040	110	550	45
Twaron 1008	110	550	50
Dyneema	88	440	50

Tabulka č. 1 – Parametry zkoušky mechanických vlastností vstupních materiálů

3.1.2 Výsledky měření mechanických vlastností vstupních materiálů

Prodloužení při přetrhu Δl [mm], síla při přetrhu F [N], nejvyšší pevnost P [N] jsou výsledky, které byly vyhodnoceny zkušebním programem winTest™ Analysis. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2. V tabulce č. 3 jsou uvedeny výsledky zkoušky pevnosti a tažnosti vstupních materiálů. Hodnoty pevnosti f [cN/tex] (1) a tažnosti ε [%] (2) byly dopočítány. Výsledky byly zpracované běžnou statistickou metodou dle vzorců (3, 4, 5, 6).

$$f = \frac{F}{T} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} * 100 = \frac{l - l_0}{l_0} * 100 \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (5)$$

$$95\% IS = \bar{x} \pm 1,67591 * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Kde f - pevnost [cN*tex⁻¹]

F – síla [N]

T – jemnost [tex]

ε - tažnost [%]

Δl – změna délky [mm]

l – konečná délka po natažení [mm]

l_0 – počáteční délka vzorku [mm]

\bar{x} - průměrná hodnota

n – počet měření

s - směrodatná odchylka

v – variační koeficient [%]

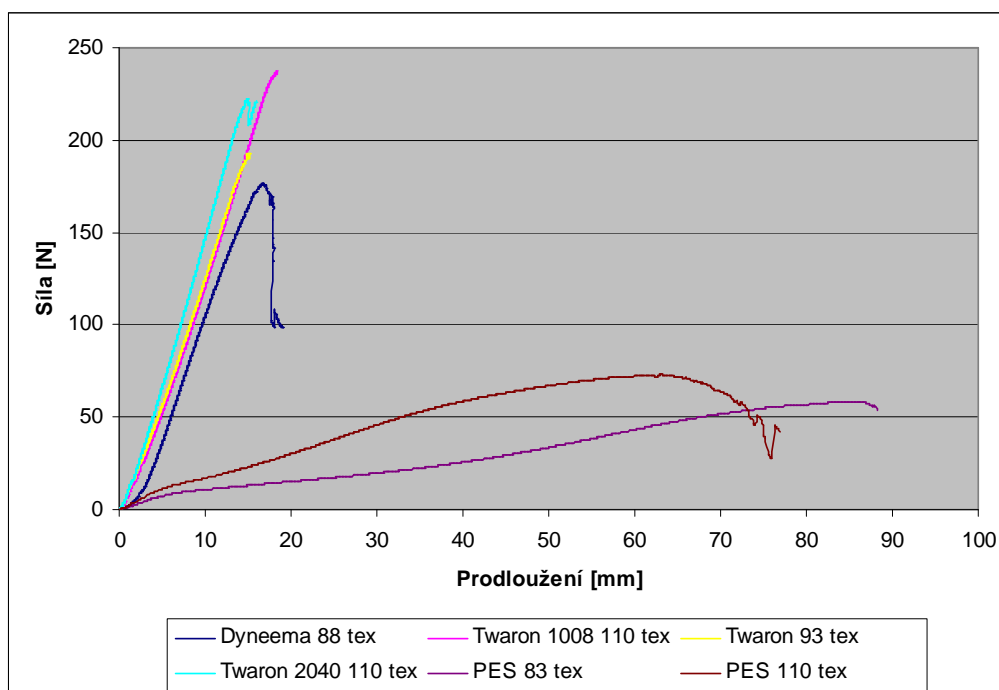
Název	Prodloužení při přetrhu [mm]	Síla při přetrhu [N]	Nejvyšší pevnost [N]
PES 83 tex	80,5	54,2	56,6
PES 110 tex	69,0	54,9	74,2
Twaron 93 tex	14,1	182,9	184,0
Twaron 2040 110 tex	13,9	211,3	213,0
Twaron 1008 110 tex	17,3	299,3	230,5
Dyneema 88 tex	16,732	169,1	179,7

Tabulka č. 2 – Výsledky zkoušky mechanických vlastností vstupních materiálů – prodloužení při přetrhu, síla při přetrhu, nejvyšší pevnost

Název	Pevnost [cN/tex]	Tažnost [%]
PES 83 tex	65,3	15,8
PES 110tex	49,9	12,5
Twaron 93 tex	196,7	2,8
Twaron 2040 110 tex	192,1	2,8
Twaron 1008 110 tex	272,1	3,5
Dyneema 88 tex	192,2	3,3

Tabulka č. 3 – Výsledky zkoušky mechanických vlastností – pevnost, prodloužení

Výsledné křivky závislosti síly na prodloužení všech zkoušených materiálů jsou zobrazeny v grafu č. 1.



Graf č. 1 – Výsledné křivky vstupních materiálů

3.1.3 Zhodnocení výsledků měření mechanických vlastností vstupních materiálů

Křivky aramidových multifilů stoupají vzhledem k nízkým hodnotám prodloužení a vysokým hodnotám síly strmě nahoru. Polyethylenový multifil dosahuje podobných hodnot prodloužení, ale v průběhu trhání jsou tyto hodnoty vyšší než u aramidových multifilů. Pevnost aramidových multifilů je vyšší než u polyethylenového, hodnoty se ale liší typem a zpracováním multifilu.

Polyestery nedosahují vysokých hodnot síly jako ostatní zkoušené materiály, ale hodnoty prodloužení jsou výrazně vyšší.

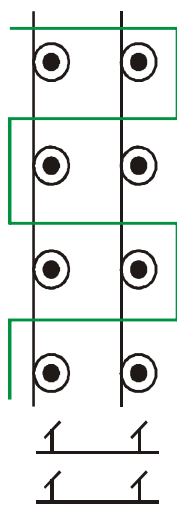
3.1.4 Výběr materiálu

Pro řetízek byl vybrán Polyester 110 tex. Pro kladení pod jehlami a vkládání útek by zvolen nejvhodnějším materiálem Twaron 1008 s jemností 110 tex. Tento materiál je nejpevnější a má mírný zákrut, který by umožnil lepší zpracovatelnost. Pro nedostatečné množství Twaronu 1008 byl zvolen Twaron 2040 s jemností 110 tex.

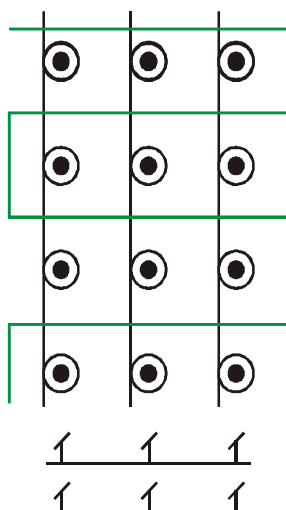
3.2 Vazby

3.2.1 Návrh vazeb

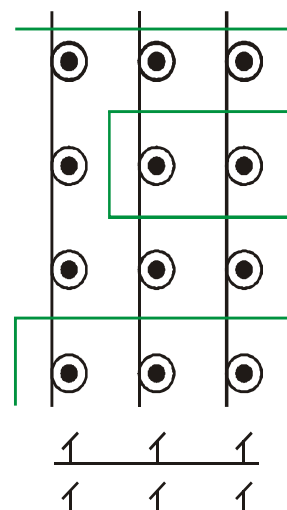
Vazby byly navrženy vzhledem k vzorovacím možnostem pro galonový stávek Sander, který je umístěn v pletařské dílně Katedry textilních technologií.



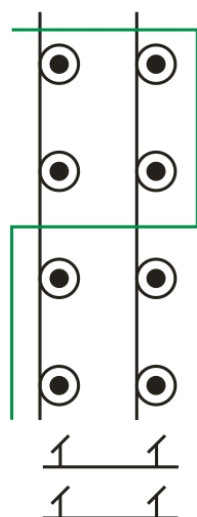
Obr. 20 - Vazba 1



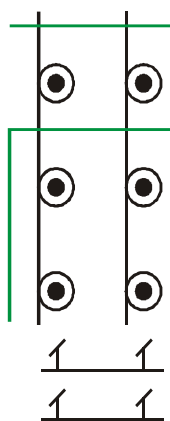
Obr. 21 - Vazba 2



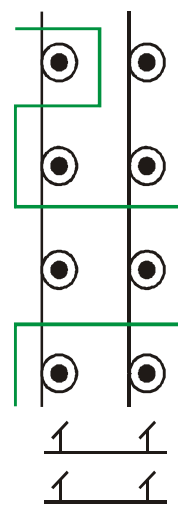
Obr. 22 - Vazba 3



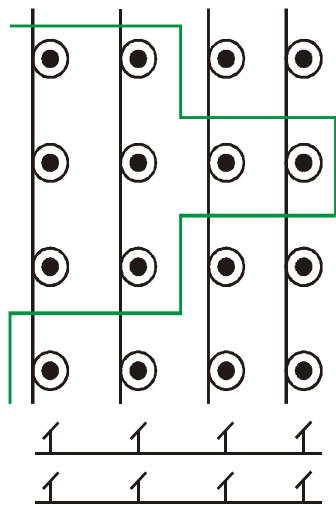
Obr. 23 - Vazba 4



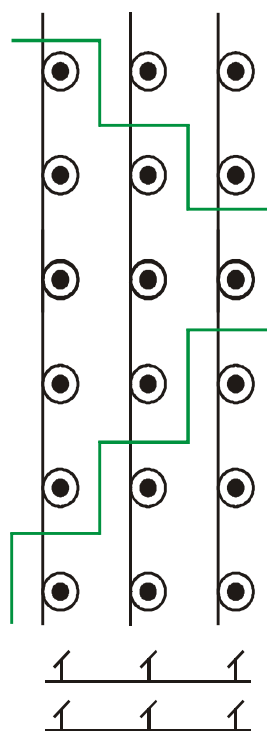
Obr. 24 - Vazba 5



Obr. 25 - Vazba 6



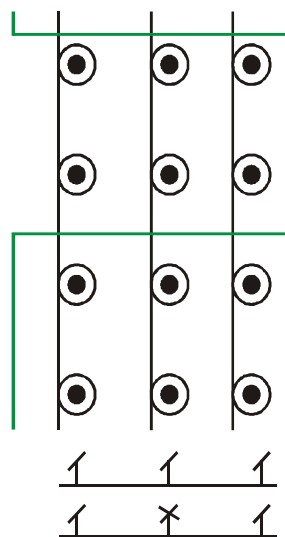
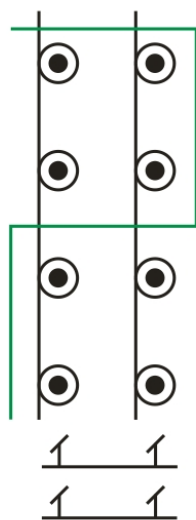
Obr. 26 - Vazba 7



Obr. 27 - Vazba 8

3.2.2 Výběr základní vazby

Pro galonový stávek byla vybrána jako nejvhodnější vazba č. 4. V důsledku nedostatku vodičů u kladecích lišt byl snížen plný návlek na poloviční. Při polovičním návleku by nedocházelo k dostatečnému provázání pleteniny, proto bylo kladení rozšířeno ze dvou roztečí na tři. Tato vazba sloužila jako základní. Byla přidána druhá kladecí lišta pro další vzorování.



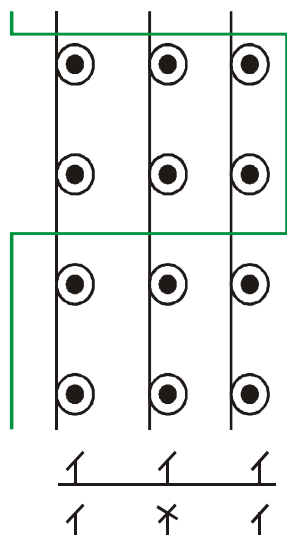
Obr. 28 - Vazba 4 – původní vybraná

Obr. 29 - Vazba 4 - upravená

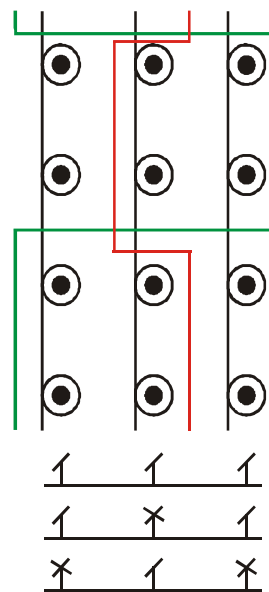
3.2.3 Vazby s druhou kladecí lištou

Základní vazba bude pro další postupy označena jako vazba 11. Odvozené vazby s druhou kladecí lištou budou označeny jako 12, 13, 14. Tyto vazby byly použity ke určení vlivu vkládané soustavy nití.

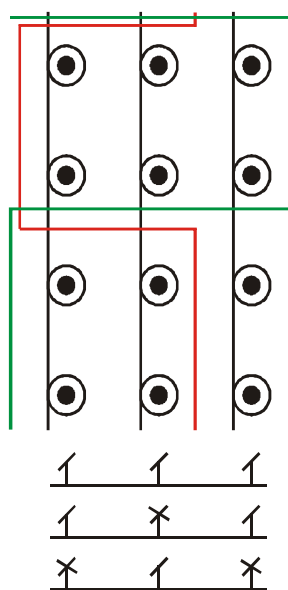
Do vazeb 11 a 14 byl vkládán frontální útek v každé druhé řadě. Vazby byly označeny 11u a 14u. Tyto vazby budou sloužit k porovnání nárůstu pevnosti.



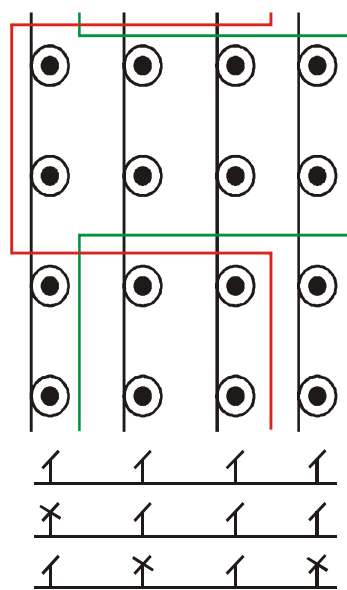
Obr. 30 - Vazba 11



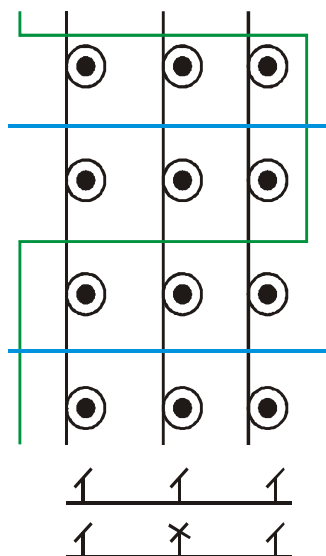
Obr. 31 - Vazba 12



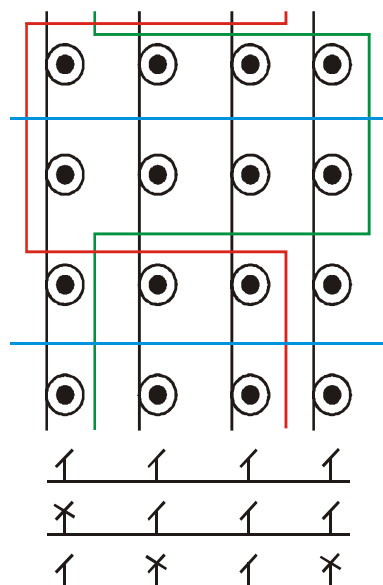
Obr. 32 - Vazba 13



Obr. 33 - Vazba 14



Obr. 34 - Vazba 11u



Obr. 35 - Vazba 14u

3.3 Zhotovení pletenin

3.3.1 Příprava materiálu

Materiál určený pro pletení řetízku byl navinut na soukacím stroji na originální cívky galonového stávku. Pro nedostatečné množství originálních cívek byl materiál pro kladení pod jehlami navinut na jiný typ cívek. Originální cívky byly použity pouze pro osnovu navedenou do kladecích jehel. Pro první a druhou kladecí lištu byly použity cívky náhradní.

3.3.2 Pletení vzorků

Před samotným pletením bylo potřeba navést jednotlivé nitě osnovy do kladecích jehel a do vodičů kladecích lišt. Všechny nitě byly navedeny do pracovního ústrojí, aby se mohly postupně zaplétat. Při zaplétání se ukázaly být problémem vodiče na kladecích lištách. Špatně se seřizoval správný sklon a délka jednotlivých vodičů. Délky vodičů byly v průběhu zaplétání upravována tak, aby kladly pod jehly dostatečně nízko a zároveň nezachytávaly část multifilů z kladecích lišt.

Stávek není vybaven zcela funkčním odtahem. Bylo zapotřebí druhé osoby, která odtahovým válcem otáčela a tím odtahovala pleteninu.

Stroj byl v dřívějších letech vybaven mechanismem pro zakládání frontálního útku. Tento mechanismus nezakládal útek v celé pracovní šíři, ale

pouze na cca. 20 cm. Vzhledem k délce zkoušených vzorků (30 cm) se musel útek zakládat ručním posuvem vodiče, který vede zakládající útek.

Nejprve byly upleteny vzorky vazby 11 a 11u. Dále byla přidána druhá kladecí lišta a byly upleteny vzorky vazeb 12, 13, 14 a 14u.

3.4 Charakteristika výztuží

Pro pleteniny pro experiment byla zvolena jednoduchá vazba se střídou na čtyři řádky. Pleteniny mají nízkou plošnou hmotnost. Při nejvyšší hustotě pleteniny nepřesáhla plošná hmotnost $180 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Výjimkou je vazba 14u, kde této hodnoty dosahuje již samotná původní vazba 14.

3.4.1 Parametry pleteniny

3.4.1.1 Hustota pleteniny

Hustota řádků a sloupků pleteniny byla počítána po relaxaci. Hodnoty hustot jsou zprůměrované z 10 měření. Celková hustota byla dopočítána dle vzorce (7). Hodnoty hustoty řádků, sloupků a celkové pro jednotlivé vazby jsou uvedeny v tabulce č. 4.

$$H_c = H_s * H_{\check{r}} \quad (7)$$

Kde H_c – hustota celková [m^{-2}]

H_s – hustota sloupků [m^{-1}]

$H_{\check{r}}$ – hustota řádků [m^{-1}]

	Vazba 1	Vazba 2	Vazba 3	Vazba 4
$H_{\check{r}}$	874	936	822	852
H_s	120	120	120	120
H_c	104880	112320	98640	102240

Tabulka č. 4 – Hustota řádků, sloupků a celková

3.4.1.2 Spotřeba materiálu

V tabulce č. 5 je uvedena spotřeba jednotlivých materiálů v metrech u daných vazeb na 1 m^2 pleteniny. Délka nití pro 1.KL a 2.KL je uváděna pro všechny vodiče kladecí lišty. Z přepočtu z pracovní šířky 32 cm na 1 m byl dopočítán počet vodičích tyček na 62,5 na jedné kladecí liště. V tabulce č. 6 je uvedena celková spotřeba materiálů v metrech pro dané vazby na 1 m^2 . U materiálu Twaron 2040 110 tex je uváděna celková potřebná délka použitého materiálu pro 1. i 2. kladecí lištu a popřípadě i útky.

Vazba	Délka nitě pro řetízek [m]	Délka nití pro 1.KL [m]	Délka nití pro 2.KL [m]	Délka útků [m]
11	570,7	563,75		
12	611,2	525	93,75	
13	536,8	499,38	300	
14	556,3	475	475	
11u	545,9	563,75		437
14u	454,5	475	475	426

Tabulka č. 5 – Spotřeba jednotlivých materiálů

Vazba	PES 110 tex [m]	Twaron 2040 110 tex [m]
11	570,7	563,75
12	611,2	618,75
13	536,8	799,38
14	556,3	950
11u	545,9	1000,75
14u	454,5	1376

Tabulka č. 6 – Celková spotřeba materiálu

3.4.1.3 Plošná hmotnost pleteniny

Výsledné pleteniny jsou velice lehké. Plošná hmotnost jednotlivých pletenin je uvedena v tabulce č. 7. Hmotnost pletenin je uváděna v gramech na metr čtvereční. Hodnoty plošné hmotnosti jsou výsledky z jednoho vážení.

Vazba	11	12	13	14	11u	14u
Hmotnost	132	148	160	179	180	226

Tabulka č. 7 – Plošná hmotnost

3.5 Zpracovatelnost multifilů na galovém stávku

3.5.1 Zpracovatelnost polyesterového multifilu

Polyester byl použit pro pletení řetízků. Při pletení docházelo k opakovanému neuzavírání jazýčků jehel a tím k nezapletení oka a shozu oka z jehly. Došlo tím k uvolnění nitě v osnově a k upletení volnějšího řetízku (obr. 36). Pro odstranění této chyby bylo zapotřebí ručního navinutí uvolněné nitě osnovy na cívku .



Obr. 36 – Chyba pletení – volný řetízek

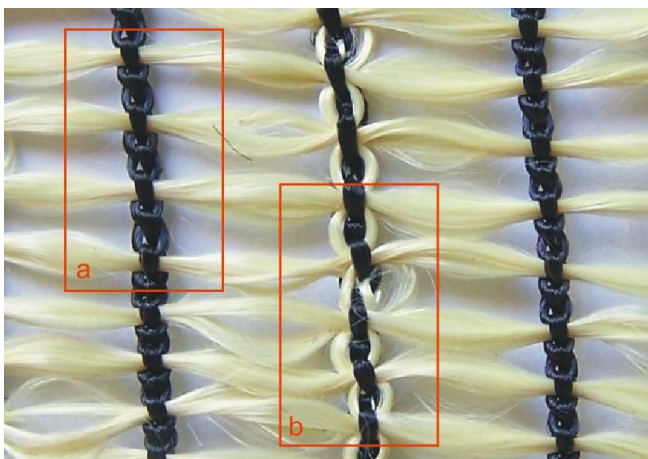
Přes sklony materiálu k fibrilaci se dobře zpracovával. Jen občasně došlo k větší míře fibrilaci a následnému přetržení nitě v osnově (obr. 37). Fibrilaci nebylo možné předem zabránit. Přetržená nit' musela být znovu zapletena.



Obr. 37 – Chyba pletení – prasknutí materiálu v důsledku zfibrilování

3.5.2 Zpracovatelnost aramidového multifilu

Aramidový multifil byl použit pro kladecí lišty (kladení pod jehlami) a vkládaný útek. Při kladení pod jehlami docházelo k častému fibrilování multifilu. Při posuvu mezi jehlami byl zfibrilovaný multifil do řetízku dobře zapleten (obr. 38a). V místech přechodu mezi řadami, kde docházelo k ohybu materiálu, byla do řetízku zapletena jen část multifilu (obr. 38b).

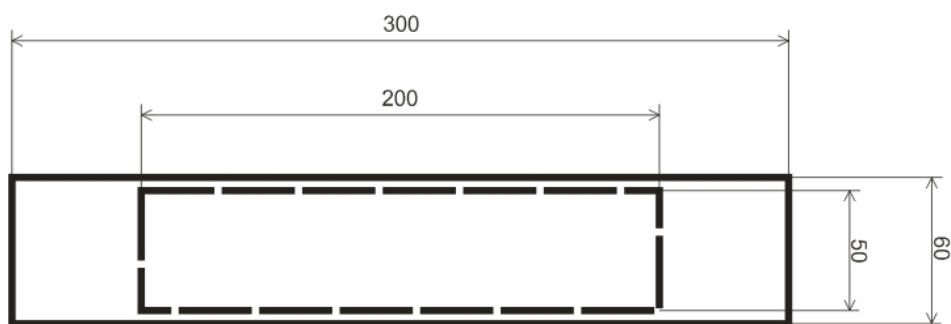


Obr. 38 – Chyba pletení: a) dobré zapletení při posuvu kladení, b) zapletení části zfibrovaného multifilu

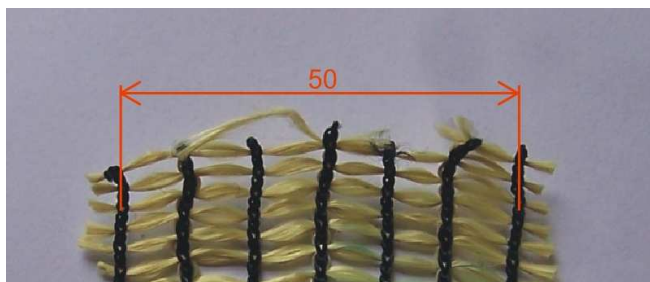
3.6 Zkoušení mechanických vlastností pletenin

3.6.1 Příprava vzorků

Vzorky o rozměrech 60*300 mm byly stříhány ve směru osnovy a útku. Na obrázku č. 39 jsou zobrazeny rozměry celkové plochy vzorku 60*300 mm a rozměry zkoušené plochy 50*200 mm. Přidaných 2x50 mm je určeno k uchycení vzorku do čelistí přístroje. Přidaných 2x5 mm je kraj bez pevně zapletených nití. V případě zkoušených pletenin jde o nitě vložené kladením pod jehly (obr. 40). Rozměry vzorků jsou dány normou ČSN EN ISO 13934-1.



Obr. 39 – Vzorek s rozměry ke zkoušení mechanických vlastností pletenin



Obr. 40 – Šíře vzorku s přinechanými 0,5 cm kraji

3.6.2 Zkoušení vzorků

Zkouška mechanických vlastností pletenin byla provedena v laboratoři Katedry textilních materiálů, kde byly vzorky nechány 24 hodin před zkouškou klimatizovat. Zkoušení bylo provedeno při teplotě 24°, vlhkosti 59% a tlaku 97,33 kPa. Zkouška probíhala na přístroji TIRA TEST 2300. Zkoušení vzorků probíhalo podle předpisu normy ČSN EN ISO 13934-1.

U vazeb 11, 12, 13 a 14 byly zkoušeny série po 5 vzorcích v podélném i příčném směru. V případě vazeb 11u a 14u byly vzorky zkoušeny pouze v příčném směru v sériích po třech vzorcích. Výsledné hodnoty vazeb 11u a 14u slouží pro porovnání pevností s vazbami 11 a 14. V tabulce č. 8 jsou uvedeny parametry zkoušky.

Upínací délka	200 mm
Rychlost posuvu	20 mm/min
Předpětí	Bez předpětí

Tabulka č. 8 – Parametry zkoušky mechanických vlastností pletenin

3.6.3 Výsledky měření

Naměřené hodnoty pevnosti a tažnosti byly zprůměrnovány a vyhodnoceny programem LAB test verze 3 z jednotlivých měření. Výsledky byly zpracované běžnou statistickou metodou viz kap. „Výsledky měření mechanických vlastností vstupních materiálů“. U výpočtu 95% intervalu spolehlivosti vazeb 11, 12, 13 a 14 se ale změnila hodnota kvantilové konstanty podle tabulky Studentova rozdělení na hodnotu 2,01505 (8). U vazeb 11u a 14u se hodnota kvantilové konstanty podle tabulky Studentova rozdělení změnila na 2,35336 (9).

$$95\% IS = \bar{x} \pm 2,01505 * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

$$95\% IS = \bar{x} \pm 2,35336 * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Hodnoty intervalů spolehlivosti pevností jednotlivých vazeb jsou uvedeny v tabulce č. 9. Všechny hodnoty statistických výpočtů jsou uvedeny v příloze.

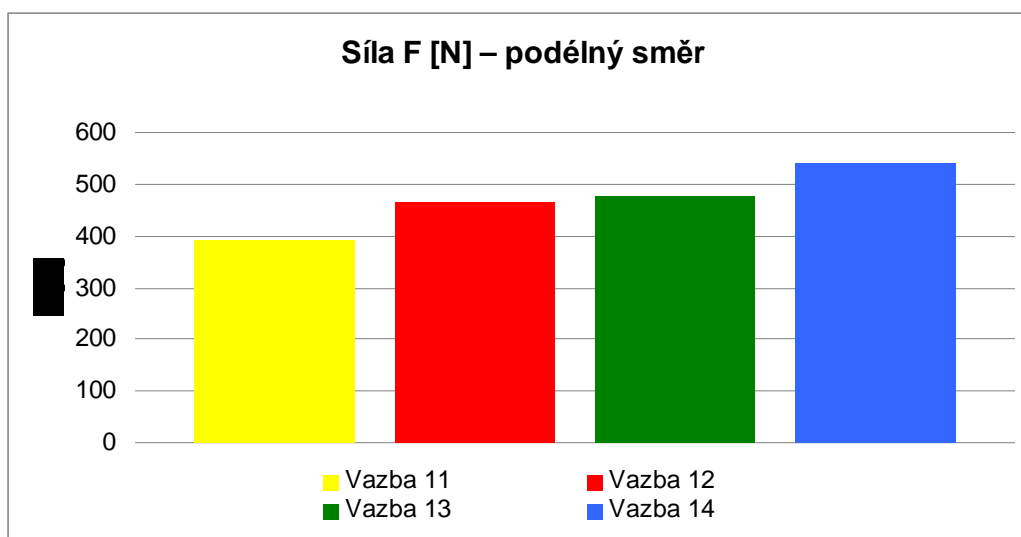
	IS – podélný směr	IS – příčný směr
Vazba 11	<338,49;443,79>	<513,06;658,30>
Vazba 12	<390,98;543,60>	<396,59;573,29>
Vazba 13	<432,13;523,03>	<519,38;647,64>
Vazba 14	<497,52;579,84>	<916,83;1229,79>
Vazba 11u		<1772,32;2540,72>
Vazba 14u		<2084,97;2787,39>

Tabulka č. 9 – 95% IS pevnosti podélného a příčného směru

Výsledné hodnoty pevnosti v tahu a prodloužení v podélném směru jsou uvedeny v tabulce č. 10. V Grafu č. 2 jsou výsledky pevnosti vazeb v podélném směru. Výsledky prodloužení v podélném směru jsou v grafu č. 3. Výsledné hodnoty pevnosti v tahu a prodloužení v příčném směru jsou uvedeny v tabulce č. 11. V grafu č. 4 jsou uvedeny výsledky pevnosti vazeb v příčném směru. Výsledky prodloužení v příčném směru jsou v grafu č. 5. Za pevnost v tahu je zde považována síla F [N] potřebná k přetržení vzorku textilie.

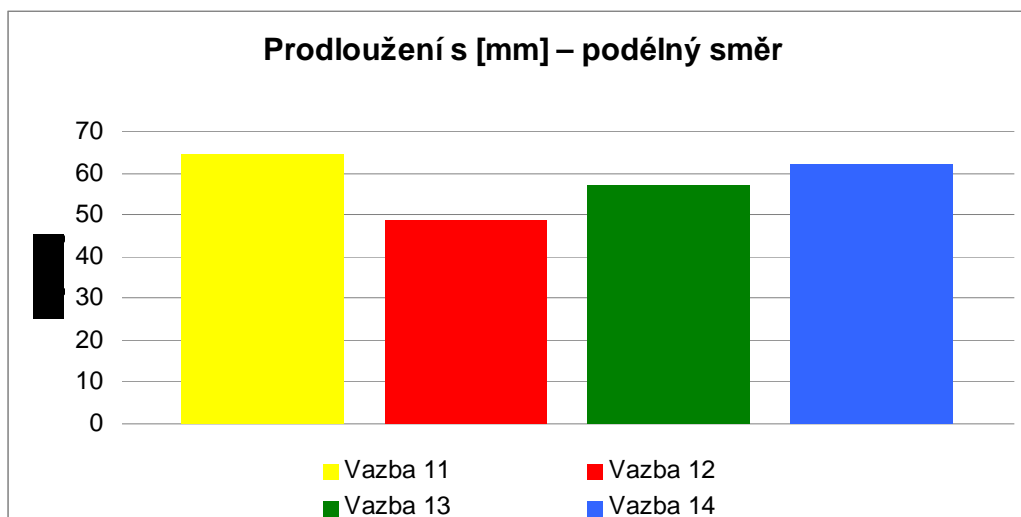
	Podélný směr	
Vazba	Pevnost [N]	Prodloužení [mm]
11	391,14	64,29
12	467,29	48,75
13	477,58	57,20
14	538,68	62,17

Tabulka č. 10 – Výsledné hodnoty pevnosti a prodloužení v podélném směru



Graf č. 2 – Výsledné hodnoty síly v podélném směru

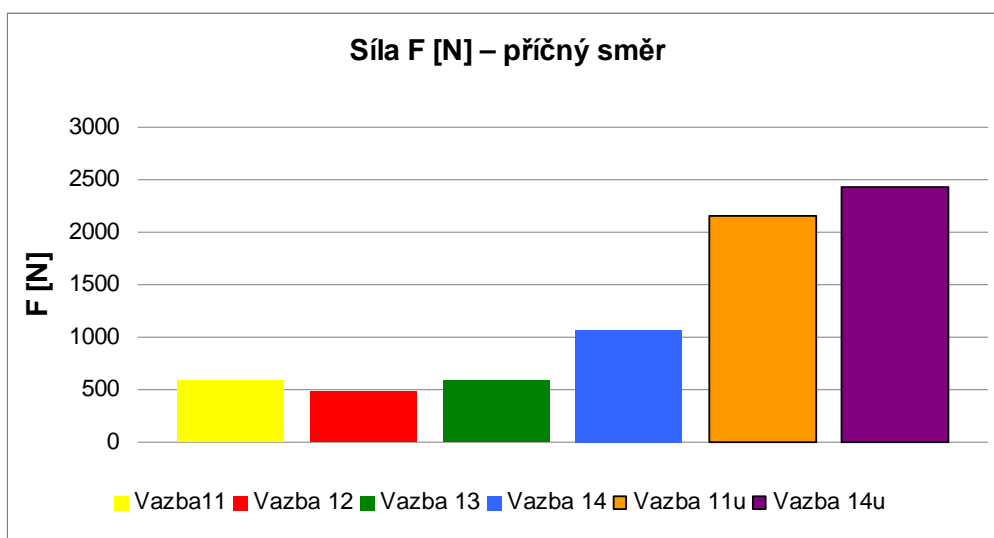
V grafu č. 2 je vidět, že pevnost v podélném směru se u vazeb postupně zvyšuje. K výraznějšímu zvýšení pevnosti dochází mezi vazbami 11 ($F = 391,14 \text{ N}$) a 12 ($F = 467,29 \text{ N}$) a mezi vazbami 13 ($F = 477,58 \text{ N}$) a 14 ($F = 538,68 \text{ N}$). Rozdíl hodnot pevností vazeb 12 ($F = 467,29 \text{ N}$) a 13 ($F = 477,58 \text{ N}$) je minimální.



Graf č. 3 – Výsledné hodnoty prodloužení v podélném směru

	Příčný směr	
Vazba	Pevnost [N]	Prodloužení [mm]
11	585,64	66,34
12	484,94	71,61
13	583,51	50,47
14	1073,31	43,76
11u	2156,52	62,49
14u	2436,18	46,23

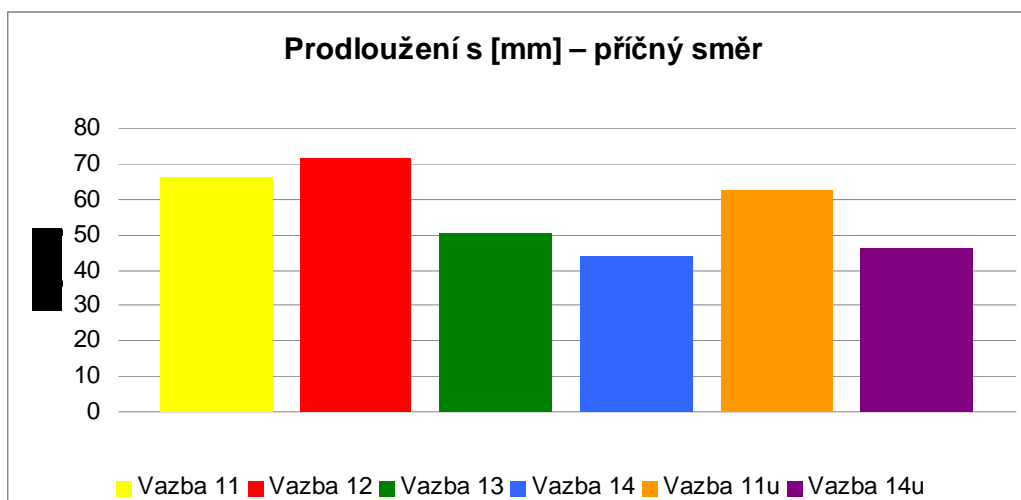
Tabulka č. 11 – Výsledné hodnoty pevnosti a prodloužení v příčném směru



Graf č. 4 – Výsledné hodnoty síly v příčném směru

V grafu č. 4 je vidět, že v příčném směru dochází k poklesu pevnosti mezi vazbami 11 ($F = 585,64 \text{ N}$) a 12 ($F = 484,94 \text{ N}$). Mezi vazbami 12 ($F = 484,94 \text{ N}$) a 13 ($F = 583,51 \text{ N}$) dochází k navýšení pevnosti. Vazba 13 ($F = 583,51 \text{ N}$) má v příčném směru pevnost téměř totožnou s vazbou 11 ($F = 484,94 \text{ N}$). U vazby 14 dochází k nejvyššímu nárůstu pevnosti. Pevnost dosahuje $1073,31 \text{ N}$.

U vazeb 11u a 14u dochází k vysokým nárůstům pevnosti. Z původní vazby 11 s pevností $585,64 \text{ N}$ se pevnost vazby 11u zvýší na $2156,52 \text{ N}$. Mezi vazbami 11 a 11u tedy dojde k navýšení pevnosti o 368%. K velkému nárůstu pevnosti dochází také mezi vazbami 14 a 14u. Původní pevnost $1074,31 \text{ N}$ vazby 14 se zvýší na $2436,18 \text{ N}$. Pevnost vazby 14u se oproti vazbě 14 zvýší o 227%.



Graf č. 5 – Výsledné hodnoty prodloužení v příčném směru

3.6.4 Faktory ovlivňující výsledné křivky

Vazby dosáhly v podélném a příčném směru různých hodnot nejvyšší pevnosti. Na grafech č. 6, č. 7 a č. 8 je vidět neplynulé narůstání křivek, které je způsobeno zprůměrováním hodnot z jednotlivých zkoušených vzorků dané série. V níže uvedených odstavcích jsou popsány nárůsty a poklesy síly v průběhu zkoušky jednotlivých vzorků. Grafy všech zkoušek jednotlivých vazeb jsou v příloze.

3.6.4.1 Podélný směr

Vazba 11 – U zkoušených vzorků došlo při průběhu zkoušky k několika poklesům pevnosti. U třetího a čtvrtého vzorků došlo k mírným poklesům pevnosti (cca. o 25 N). U druhého vzorku došlo k dvěma poklesům, z nichž druhý byl výrazně větší (83 N). Ovlivnil výslednou zprůměrnovanou křivku. Křivka prvního a pátého vzorku je plynulá.

Vazba 12 – Tři z pěti zkoušených vzorků měly několik drobných i velkých poklesů síly. U čtvrtého zkoušeného vzorku došlo v průběhu namáhání ke třem téměř 100N poklesům. U třetího a pátého vzorku došlo k menším poklesům (20 N) a k velkým poklesům síly o 150 N.

Vazba 13 – U této vazby došlo k téměř plynulému nárůstu síly v poměru s prodloužením u všech zkoušených vzorků. K drobným poklesům síly došlo u dvou vzorků až před přetržením vzorku. V důsledku průměrování naměřených hodnot je v grafu č. 6 vidět narušení plynulosti křivky vazby 13.

Vazba 14 – Čtyři z pěti zkoušených vzorků mají plynulý nárůst křivky. U čtvrtého vzorku došlo za polovinou zkoušky k poklesu síly o 60 N.

3.6.4.2 Příčný směr

Vazba 11 – Plynulou křivku prvního vzorku ruší přibližně v polovině pokles síly o 93 N. Druhý vzorek má v průběhu tahu pouze dva drobné poklesy síly. U třetího vzorku dochází k poklesu síly až o 194 N. Čtvrtý vzorek má dva výrazné poklesy síly (104 N a 170 N) na konci křivky. Křivka pátého vzorku ukazuje dva poklesy síly o cca. 40 N a jeden o 81 N přibližně v polovině zkoušky.

Vazba 12 – U prvního vzorku této série je křivka plynulá. U druhého, třetího a čtvrtého vzorku je křivka vždy jednou narušena poklesem síly (93 N, 50 N, 93 N). Pátý vzorek má v průběhu křivky pár drobných poklesů, které výslednou zprůměrovanou křivku výrazně neovlivní.

Vazba 13 – U této vazby měl nejplynulejší průběh křivky druhý vzorek. První vzorek měl v druhé polovině několik malých poklesů síly (cca. 5 N). Tyto poklesy neovlivní výslednou zprůměrovanou křivku jako poklesy u třetího a pátého vzorku. U těchto vzorků došlo k několika menším poklesům. U čtvrtého vzorku došlo pouze k jednomu velkému poklesu (130 N). Tento výrazný pokles síly ovlivňuje výslednou zprůměrovanou křivku.

Vazba 14 - U všech vzorků této série byly, až na drobné poklesy síly (cca. 5 N), křivky plynulé. Poklesy, které jsou u těchto vzorků, se objevují až na konci křivek. Zprůměrováním hodnot se naruší plynulost výsledné křivky.

Vazba 11u – U prvního vzorku došlo ke dvěma výrazným poklesům síly (207 N a 253 N) ke konci zkoušky. Druhý vzorek má už v první polovině dva poklesy síly o 125 N. V druhé polovině zkoušky jsou dva poklesy cca. o 200 N a jeden o 122 N. U třetího vzorku dochází k poklesům síly v druhé polovině zkoušky. Hodnoty poklesu síly se pohybují od 115 – 214 N.

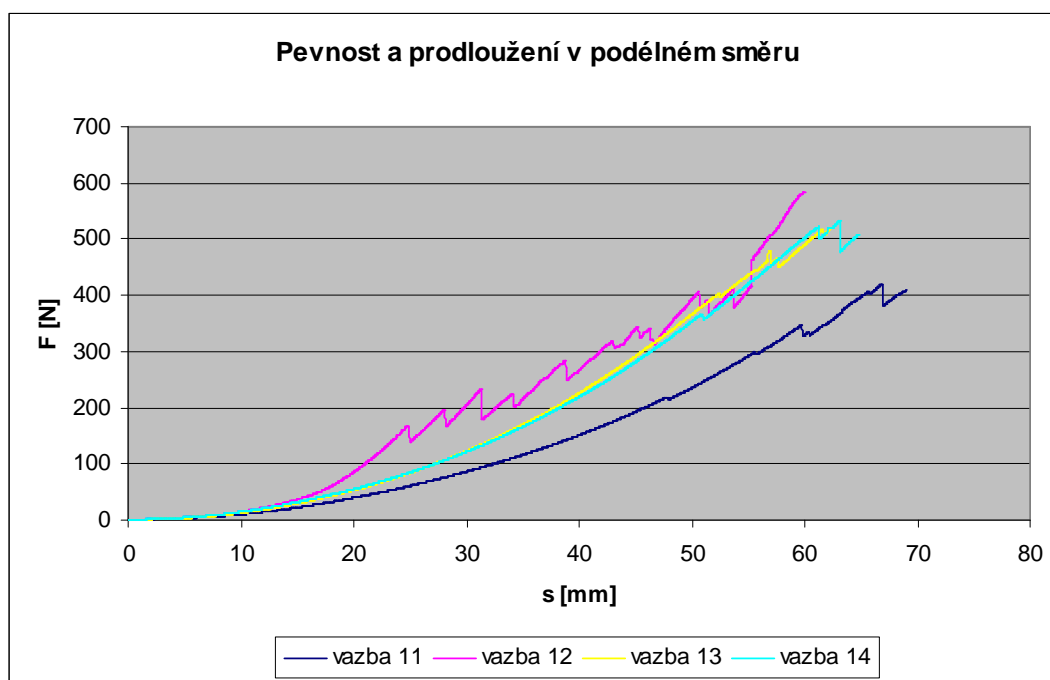
Vazba 14u – Křivka prvního vzorku stoupá, s malým poklesem ke konci křivky, k hodnotě síly 2097 N. Následují dva poklesy o celkové hodnotě 1227 N. Dále křivka několikrát narůstá a klesá než dosáhne nejvyšší polohy. U druhé vazby křivka stoupá do dosažení síly 2038 N. Před dosažením této hodnoty dochází k několika poklesům, z nichž největší dosahuje 157 N. Z dosažené síly 2038 N následuje pokles síly o 813 N. Poté křivka opět stoupá do nejvyšší pevnosti s několika poklesy síly do 100 N a jedním poklesem o 319 N. Křivka třetího zkoušeného vzorku plynule stoupá do dosažení síly 2286 N,

kde dochází k poklesu o 1098 N. Dále se křivka stoupá do nejvyšší pevnosti s několika cca. 100N poklesy síly.

U některých vzorků docházelo k uvolnění krajního řetízku. Vyklouznutím kladených nití z řetízku došlo k poklesu síly. Příčinou uvolňování krajního řetízku mohlo být šikmé upnutí vzorku do čelisti. Tím byla polovina vzorku o trochu volnější a méně namáhána. Opětovným natažením uvolněného řetízku síla znovu vzrostla. Uvolněný řetízek dalším namáháním prasknul, ale zbytek vzorku vydržel vyšší namáhání. Menší poklesy byly způsobeny drobným posuvem nití ve vazbě.

3.6.5 Vliv vkládaných soustav nití na jednotlivé vazby

V grafu č. 6 jsou vyobrazeny zprůměrované křivky závislosti pevnosti na tažnosti v podélném směru. V grafu č.7 jsou vyobrazeny zprůměrované křivky závislosti pevnosti na tažnosti v příčném směru. V kapitole níže jsou popsány chování vazby při zkoušení. Zaměřeno je zde na chování vkládaných soustav.



Graf č. 6 – Pevnost a prodloužení v podélném směru

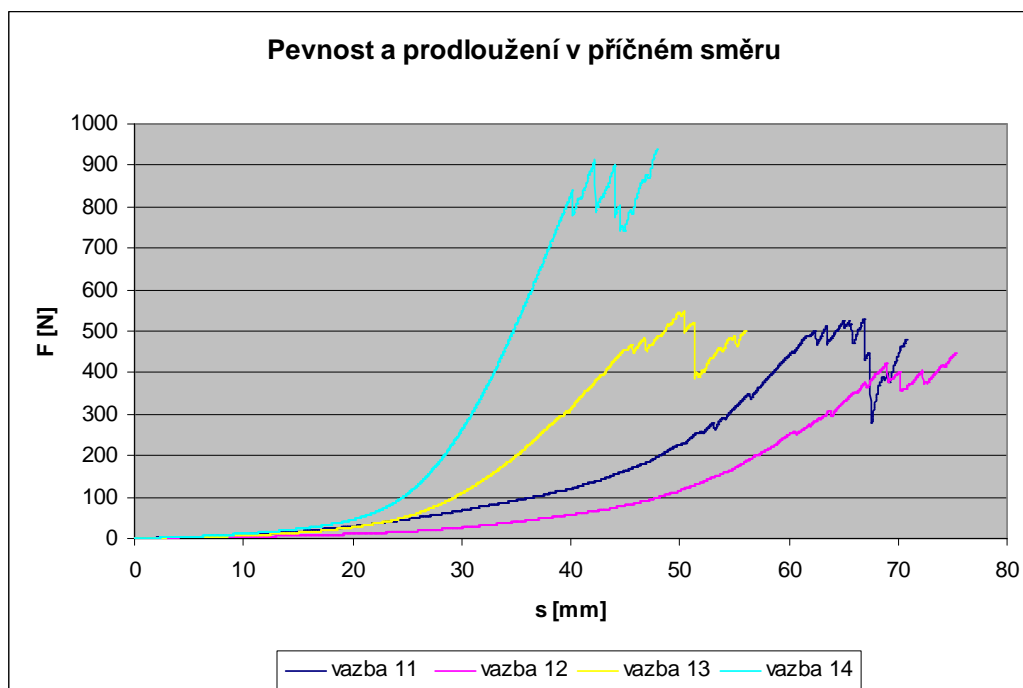
3.6.5.1 Podélný směr

Ve vazbě 11 je pouze jedna soustava nití, která především zajišťuje soudržnost pleteniny. Při zkoušení byly většinou přetrženy všechny řetízky. Občasné došlo v řetízku k mírnému posuvu vložených nití.

Nitě z druhé kladecí lišty měly ve vazbě 12 zpevnit řetízky. Celková pevnost sice stoupla, ale z grafu č. 2 je patrné, že zpevnění řetízků polovičním návlekem je velice nestabilní. Při zkoušení jednotlivých vzorků docházelo k několika poklesům síly. Nitě vkládané 2. kladecí lištou byly natahovány současně s řetízkem, ale obloučky vytvořené kladením nechaly niti dostatečnou vůli, aby nepraskly dříve než řetízek. Jejich pevnost nebyla zdaleka využita. Bylo by zapotřebí zpevnit všechny řetízky a dbát na dostatečný tah nití použitých ke zpevnění.

V hodnotě pevnosti vazby 13 neměl delší posun kladecí lišty význam. Výsledná křivka zkoušky ale vypovídá o větší stabilitě než u vazby 12. Kladení přes tři rozteče při namáhání sesouvá dva řetízky k sobě. Nitě v této vazbě zpevňují pleteniny ve sloupcích.

Pravidelnější zpevnění vykazuje vazba 14. Protisměrné kladení zajišťuje stejné využití obou vkládaných soustav nití. Průběh zkoušky je stejný jako u vazby 13, ale pletenina dosahuje vyšší pevnosti.



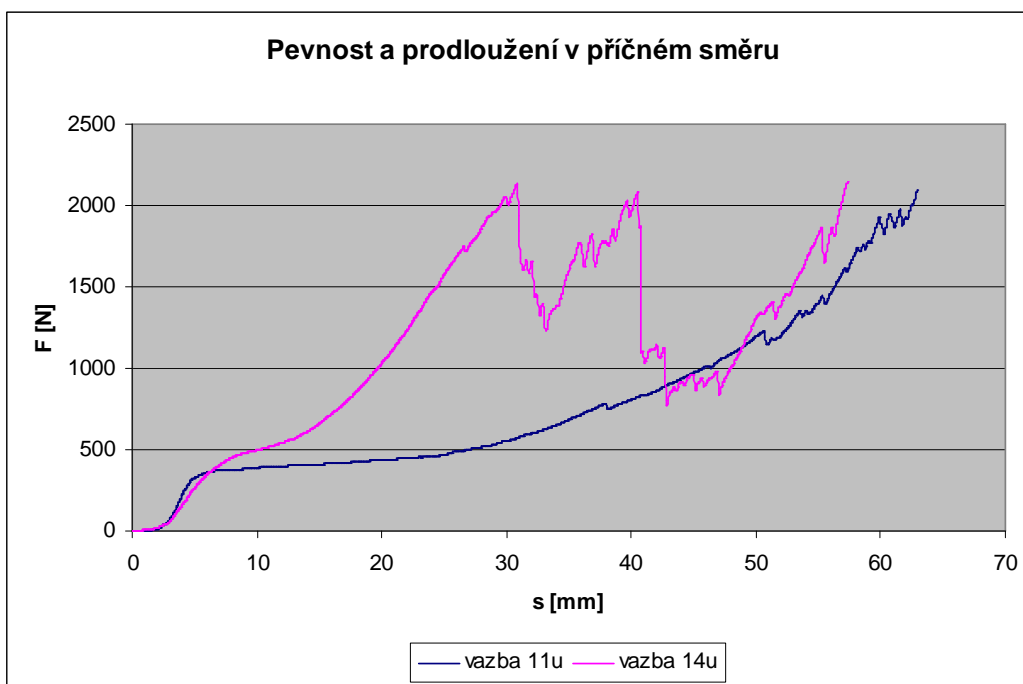
Graf č. 7 – Pevnost a prodloužení v příčném směru

3.6.5.2 Příčný směr

Vazba 11 a 12 dosahují vyšších hodnot prodloužení. U vazby 11 pevnost ovlivňovaly pouze nitě první kladecí lišty. Při namáhání docházelo k natahování nití a k postupnému uvolňování z řetízku v krajích vzorku. Občasně došlo k narušení nebo přetržení řetízku v místě přetrhu. U vazby 12 bylo chování pleteniny stejné jako u vazby 11. Nitě z druhé kladecí lišty nebyly namáhány. I přes obdobný průběh zkoušky pevnost pleteniny výrazně klesla. Nebyly pozorovány změny, které pokles pevnosti způsobily.

U vazby 13 nedochází k tak výraznému prodloužení. Nitě vkládaných soustav lehce sesouvají dva řetízky k sobě. Než stihne dojít k velkému posuvu nití, praskají řetízky na několika místech.

Protisměrné kladení u vazby 14 mělo za důsledek výrazné snížení tažnosti. Vkládané nitě tahem měly největší vliv na řetízek. Nitě obtáčející se proti sobě kolem řetízku působily na řetízek tak vysokým napětím, které řetízek nevydržel a prasknul na několika místech v jedné řadě. V podstatě byl multifil v řetízku zdeformován k přetržení.



Graf č. 8 – Pevnost a prodloužení v příčném směru

Zprůměrované křivky závislosti pevnosti na prodloužení vazeb 11u a 14u jsou v grafu č. 8. U vazby 11u dochází k pomalému nárůstu síly a velkému prodloužení. Oproti vazbě 11u má vazba 14u rychlý nárůst síly na malém prodloužení. Nadále dochází k poklesům síly při trhání a opětovným nárůstům než dojde k nejvyšší pevnosti. Obě tyto vazby kopírují styl křivky základních vazeb 11 a 14 (viz graf č. 7) jen s rozdílem hodnot pevnosti. Vazba 11u stejně jako 11 má pozvolna stoupající tendenci. Zatímco vazba 14u stejně jako 14 má křivku strmě stoupající. U vazby 11u dochází v důsledku namáhání k postupnému přetrhávání zdeformovaných řetízků a následnému přetrhávání větší části útků. U vazby 14u se více projevují nitě kladené pod jehlami. Tyto soustavy nití udávají prvotní nárůst pevnosti. Vysoké napětí protisměrné vazby trhá řetízky a dochází k poklesům síly. Opětovný nárůst síly zajistí vložené útky.

3.6.6 Celkové zhodnocení samotných vazeb

Vazby dosahují v příčném směru vyšších hodnot pevnosti než ve směru podélném. Nejvíce pevná vazba v obou směrech je vazba č. 14, která je také nejstabilnější. Z hlediska nárůstu křivek je vedle vazby č. 14 stabilnější i vazba č. 13.

Z hlediska nárůstu křivek jsou nejstabilnějšími vazbami vazby č. 13 a č. 14. Vazba č. 11 má stabilní nárůst křivky pouze v podélném směru. Vazba č. 12 nemá plynulý nárůst křivek ani v jednom směru. Stabilitu křivky si zachovává v příčném směru i vazba č. 11u. Vložené útky ve vazbě 14u stabilitu původní vazby č. 14 silně narušily.

Z hlediska pevnosti je nejlepší vazba č. 14. Má nejvyšší hodnoty pevnosti v podélném i příčném směru. Vazby č. 11 a č. 13 mají celkem dobré pevnosti vždy jen v podélném nebo příčném směru. Nejhorší vazbou z hlediska pevnosti je vazba č. 12, která dosáhla nízkých hodnot pevnosti v obou směrech. U vazeb 11u a 14u jsou pevnosti v příčném směru vysoké, ale výrazně se u nich zvýšila spotřeba materiálu.

4 Závěr

Pletení vzorků pro experimentální část bylo díky zastaralému strojnímu vybavení velmi náročné. Chod pracovního ústrojí se zajišťoval ručním otáčením zpřevodovaného kola napojeným na hlavní hřídel. Na výslednou pleteninu měla vliv omezená regulovatelnost tahu přiváděné osnovy a nití v kladecích lištách. Tahy jednotlivých nití byly v průběhu pletení doladěny ručně pomocí závaží na brzdičkách. Volné nitě byly utaženy a naopak utažené povoleny. Výše popsaný způsob výroby však neumožňoval stejný tah všech nití soustavy. Dále pleteninu ovlivnilo ruční odtahování. Pohyb odtahového válce, který není napojený na chod hlavní hřídele, zajišťovala druhá osoba. Ruční odtah nezaručuje konstantní pohyb, proto byla pletenina v průběhu pletení odtahována různou silou. To vedlo k nestejným parametrům v pletenině (hustota, spotřeba).

V důsledku problému při pletení jsou některé výsledky neodpovídající. I přesto je ale zřejmé, že vazba č. 12 je velice nestabilní. Stabilnějšími vazbami jsou vazby č. 11 a č. 13. Ty mají ale menší pevnosti než vazba č. 14, která je nejpevnější v podélném (538,68 N) i příčném (1073,31 N) směru.

Pokud by se nezaplétalo pomalým ručním způsobem, mohlo by být upleteno větší množství pleteniny jednotlivých vazeb. Před další prací na galonovém stávku Sander by bylo vhodné zajistit funkčnost odtahového válce. Při použití novějšího galonového stávku by bylo možné uplést větší množství pleteniny, odzkoušet více vazeb a materiálů.

Bylo by také vhodné uplést stejné vazby s použitím aramidových multifilů i v řetízku. Výsledky mechanických vlastností porovnat s dosud získanými. Řetízek z aramidového multifilu by byl výrazně pevnější, vkládané soustavy by měly možnost více projevit svou pevnost.

Seznam literatury

- [1] Kettenwirk Praxis 1/2006,
- [2] Kettenwirk Praxis 1/2008,
- [3] Kettenwirk Praxis 3/2008,
- [4] Daněk, V.: Osnovní pletení. VŠST Liberec, 1984,
- [5] Spencer, D.J.: Knitting technology a comprehensive handbook and practical guide, Third edition – 2001, Woodhead Publishing Limited,
- [6] www.liba.de
- [7] www.karlmayer.com

Zdroje obrázků

Číslo obr.	Strana	Zdroj
1	4	https://skripta.ft.tul.cz/ ; Osnovní pletení
2	5	https://skripta.ft.tul.cz/ ; Speciální pletařské výroby
3	5	Corel DRAW 12; Jana Hubařová
4	6	http://www.liba.de/fabric/monoax.htm
5	7	https://skripta.ft.tul.cz/ ; Osnovní pletení
6a, b	7	Corel DRAW 12; Jana Hubařová
7	8	http://oushida.en.alibaba.com/productshowimg/266718643-50371631/Sell_Biaxial_Mesh_Fabric_reinforcement_fabric.html
8	8	http://www.liba.de/fabric/biax.htm
9	9	http://www.liba.de/fabric/cop_max_fabric.htm
10	9	http://www.liba.de/fabric/cop_max_fabric.htm
11	9	http://www.liba.de/tricot/cop_max_allg.htm
12	10	http://www.liba.de/tricot/biaxial_clamp.htm
13	10	http://www.karlmayer.com/internet/en/textilmaschinen/962.jsp
14	11	Kettenwirk Praxis 1/2006
15	12	Kettenwirk Praxis 1/2008
16	12	Kettenwirk Praxis 1/2008
17	13	Kettenwirk Praxis 3/2008
18	13	Kettenwirk Praxis 1/2006
19	14	Kettenwirk Praxis 1/2006
20 -35	20 – 24	Corel DRAW 12; Jana Hubařová
36 - 38	27 – 28	Foto Jana Hubařová + úprava Corel DRAW 12
39	28	Corel DRAW 12; Jana Hubařová
40	29	Foto Jana Hubařová + úprava Corel DRAW 12

5 Příloha

Seznam přílohy:

- Statistické zpracování mechanických vlastností vstupních materiálů
- Graf závislosti F na s – vazba 11 podélný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 12 podélný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 13 podélný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 14 podélný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 11 příčný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 12 příčný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 13 příčný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 14 příčný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 11u příčný směr
- Graf závislosti F na s – vazba 14u příčný směr
- Statistické zpracování mechanických vlastností pletenin

K bakalářské práci je přiložena samostatná příloha – vzorník pletenin.

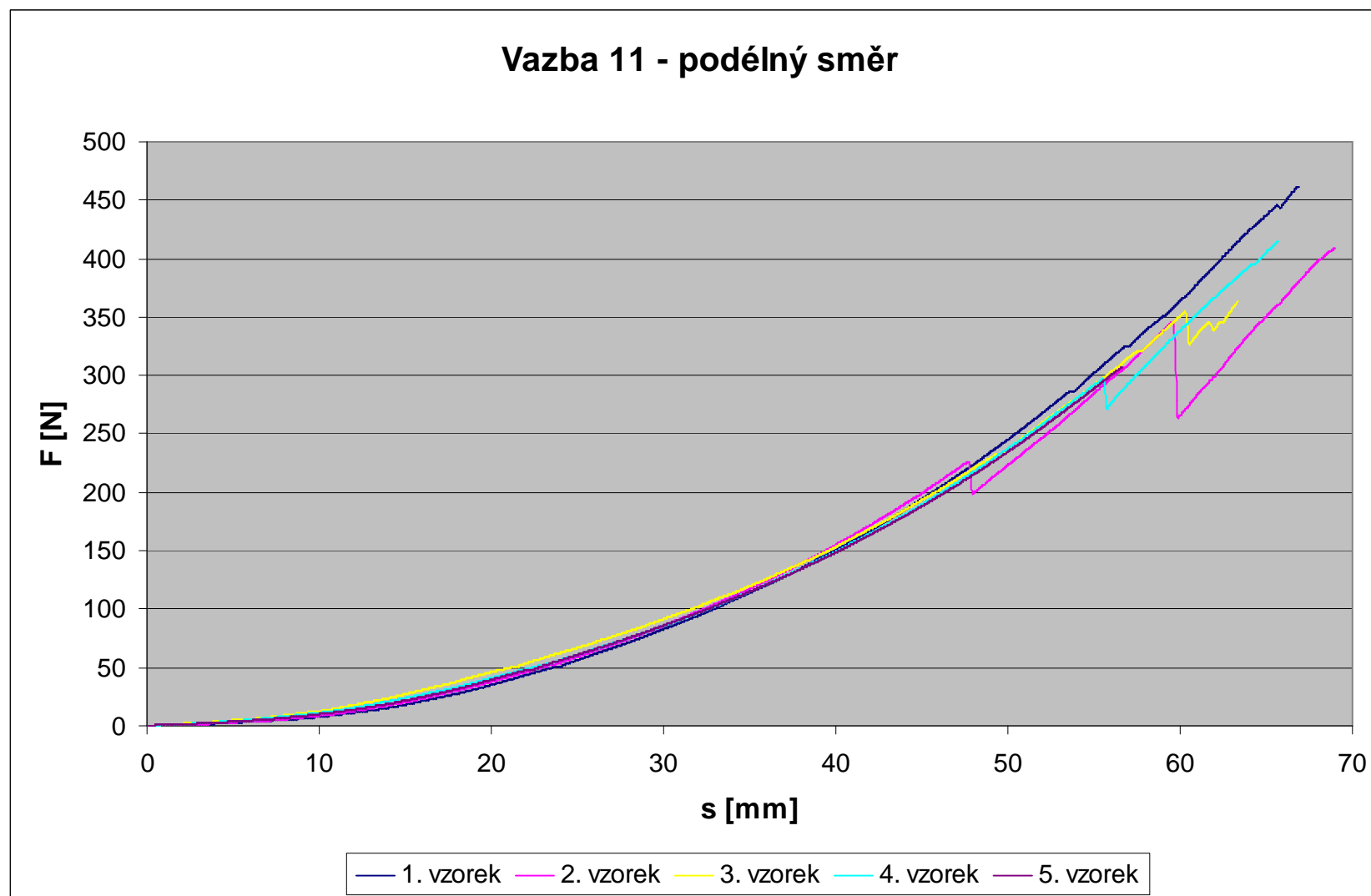
Statistické zpracování mechanických vlastností vstupních materiálů

	Prodloužení při přetrhu (mm)					
	PES 83 tex	PES110 tex	Dyneema 88 tex	Twaron 93 tex	Twaron 110 tex 2040	Twaron 110 tex 1008
průměr	80,53298	69,01502	16,73184	14,12204	13,95634	17,26994
směrodatná odchylka	5,083803347	4,462512917	1,005653638	0,526570342	0,541236325	0,702074256
variační koeficient	6,312697415	6,466002497	6,010418685	3,728713003	3,878067782	4,065296443
95% IS min	79,08890899	67,74742857	16,44618079	13,97246597	13,80260005	17,07051351
95% IS min	81,97705101	70,28261143	17,01749921	14,27161403	14,11007995	17,46936649

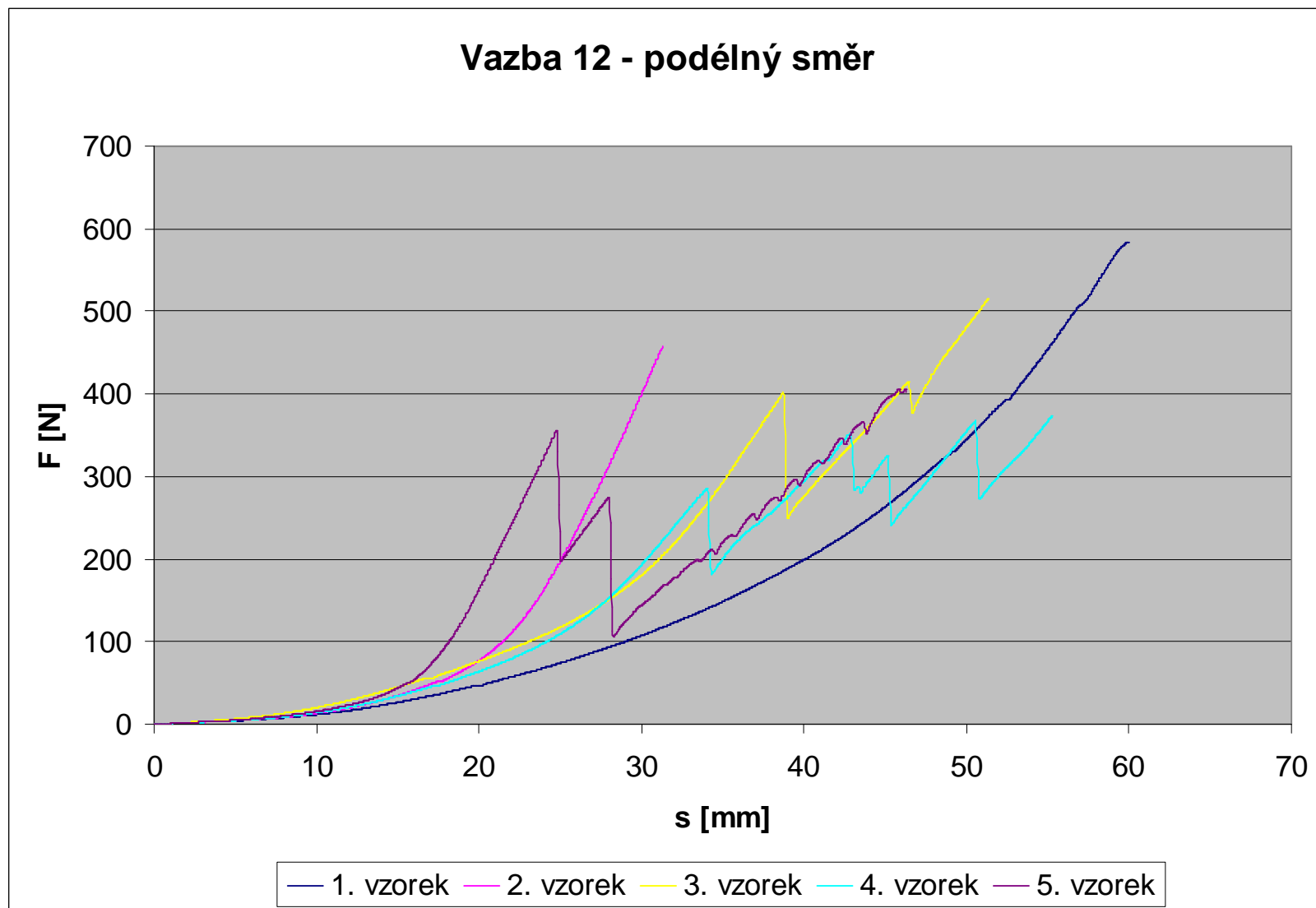
	Síla při přetrhu (N)					
	PES 83 tex	PES110 tex	Dyneema 88 tex	Twaron 93 tex	Twaron 110 tex 2040	
průměr	54,239	54,99006	169,113	182,8554	211,327	průměr
směrodatná odchylka	3,087277547	13,80988939	24,30624563	8,686030354	10,25018233	směrodatná odchylka
variační koeficient	5,691988324	25,11342849	14,37278366	4,750218125	4,850389362	variační koeficient
95% IS min	53,36204869	51,06731563	162,2087312	180,3881046	208,4154021	95% IS min
95% IS min	55,11595131	58,91280437	176,0172688	185,3226954	214,2385979	95% IS min

	Nejvyšší pevnost (N)					
	PES 83 tex	PES110 tex	Dyneema 88 tex	Twaron 93 tex	Twaron 110 tex 2040	Twaron 110 tex 1008
průměr	56,6382	74,1666	179,7018	184,0342	213,0294	230,454
směrodatná odchylka	2,451389185	2,185892252	10,77811552	7,763165536	9,505933573	10,52374128
variační koeficient	4,328155177	2,947273102	5,997778277	4,218327646	4,462263694	4,566525764
95% IS min	55,94187486	73,54569014	176,6402409	181,8290474	210,3292084	227,4646968
95% IS min	57,33452514	74,78750986	182,7633591	186,2393526	215,7295916	233,4433032

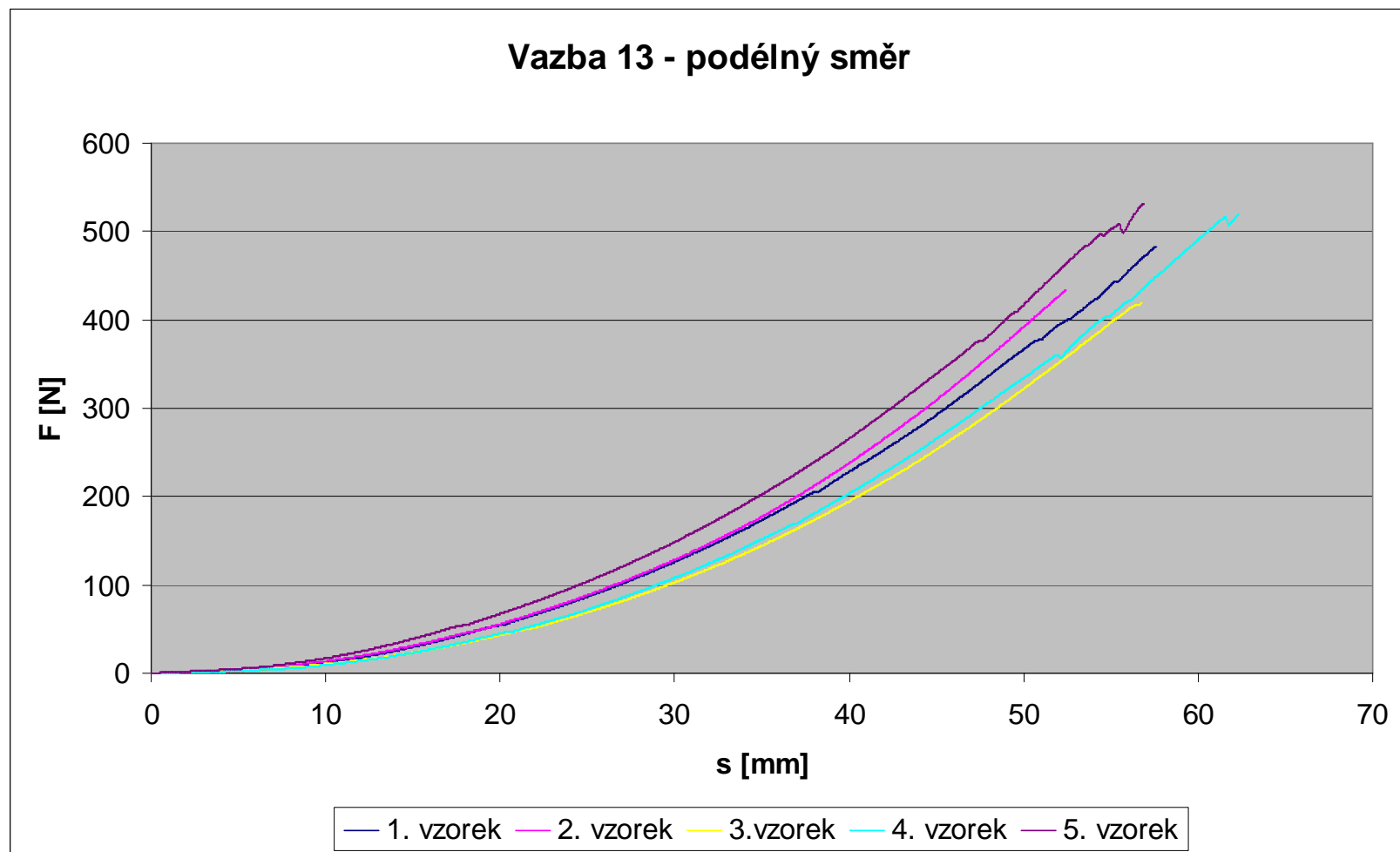
Graf závislosti F na s – vazba 11 podélný směr



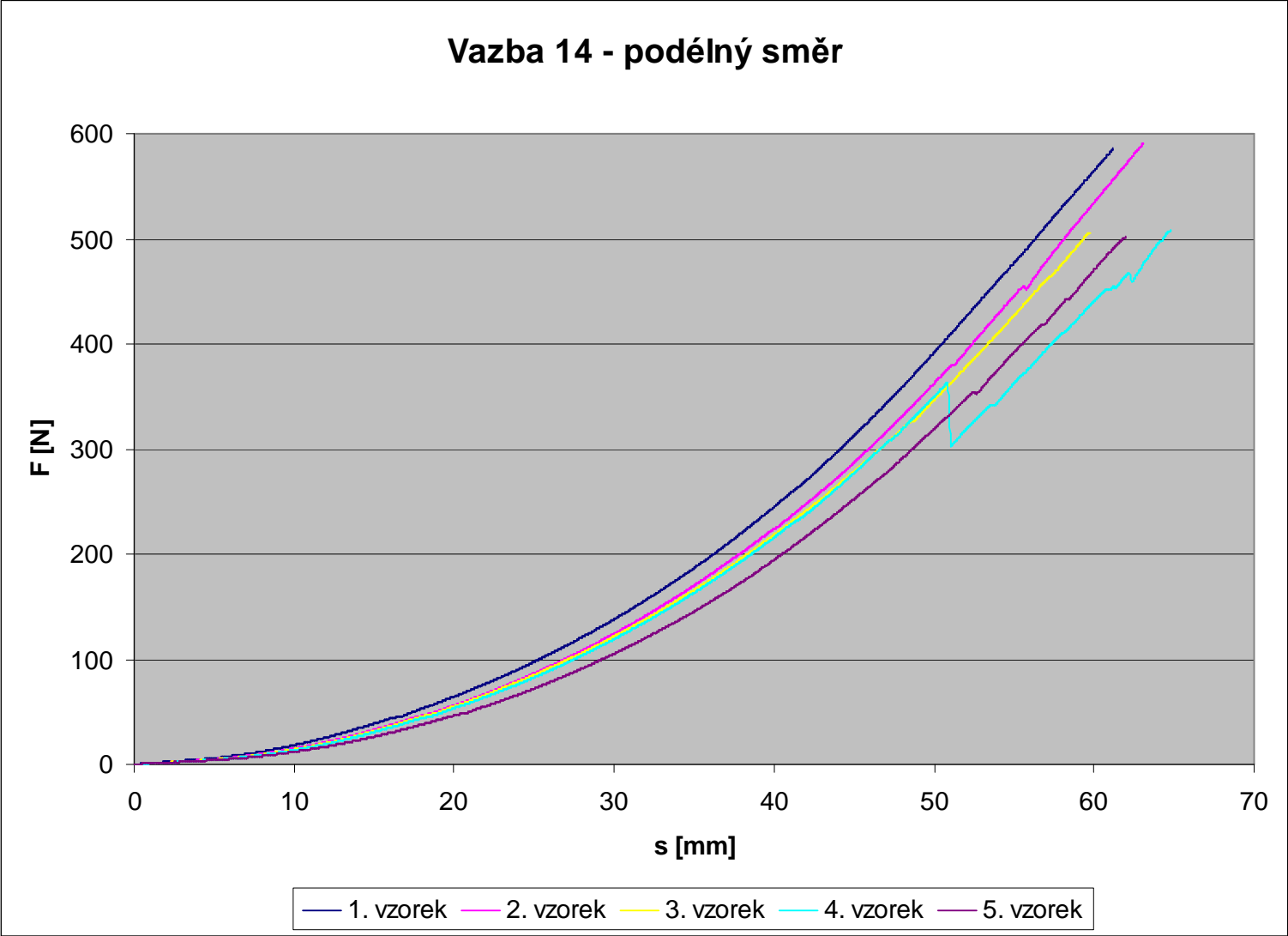
Graf závislosti F na s – vazba 12 podélný směr



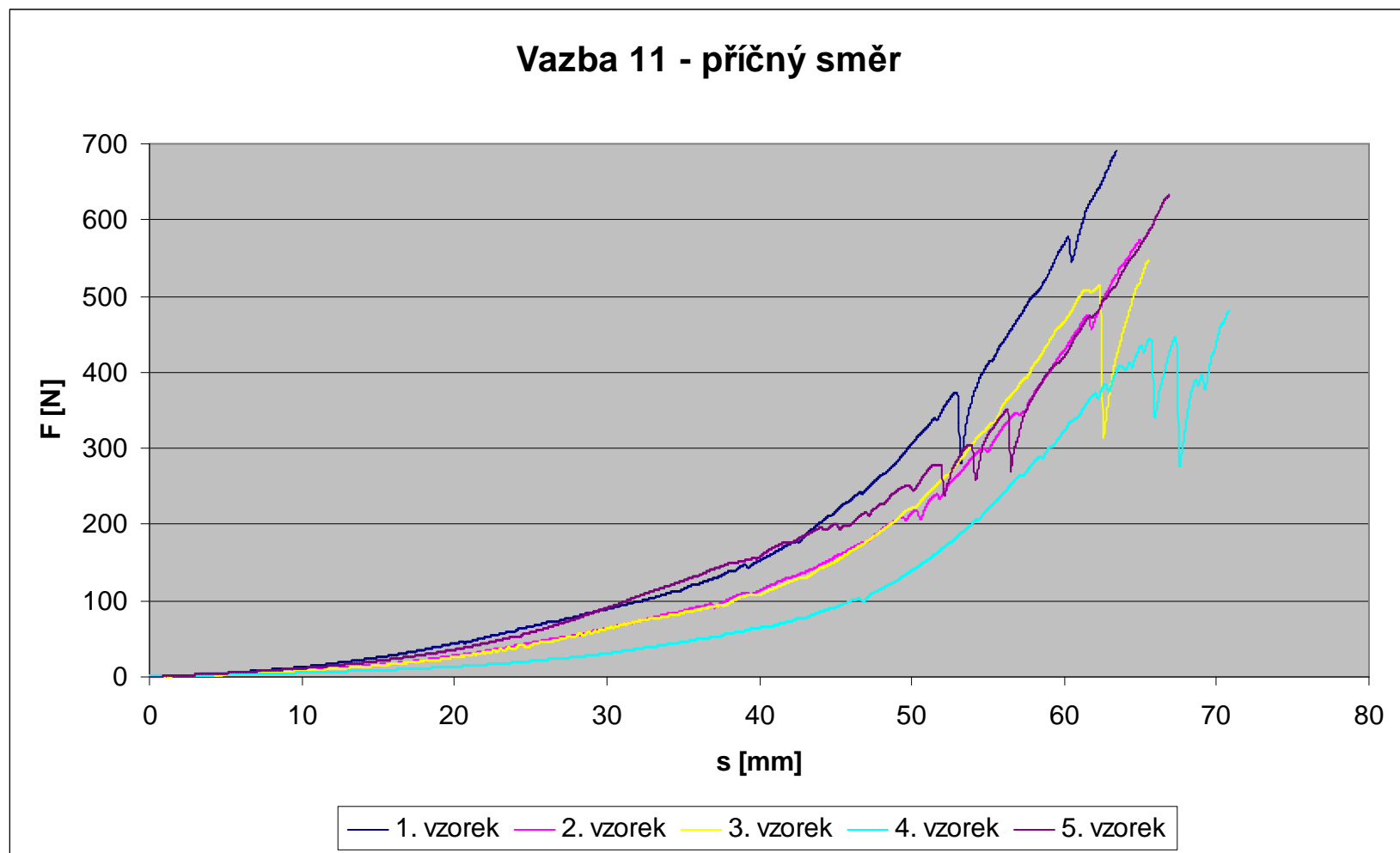
Graf závislosti F na s – vazba 13 podélný směr



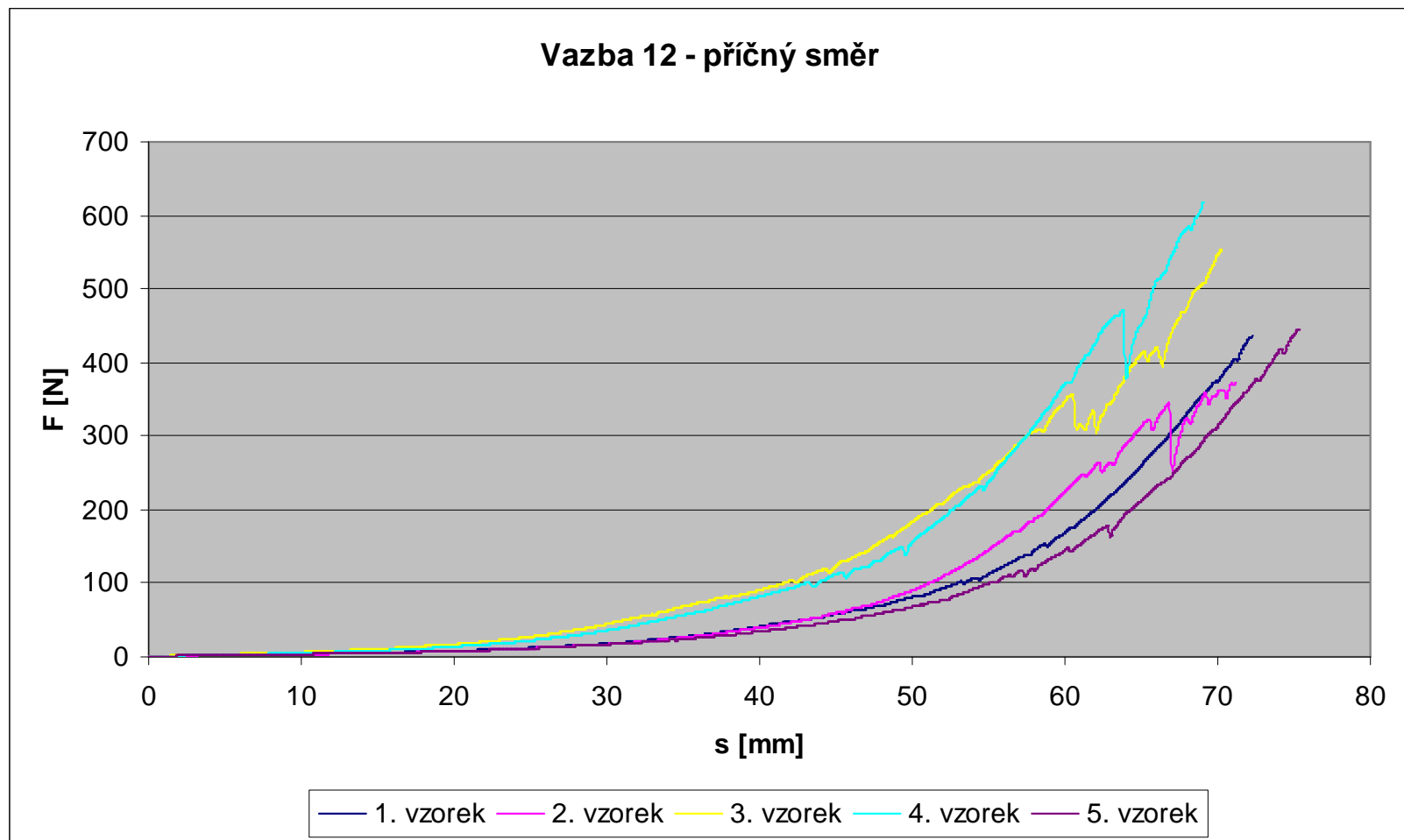
Graf závislosti F na s – vazba 14 podélný směr



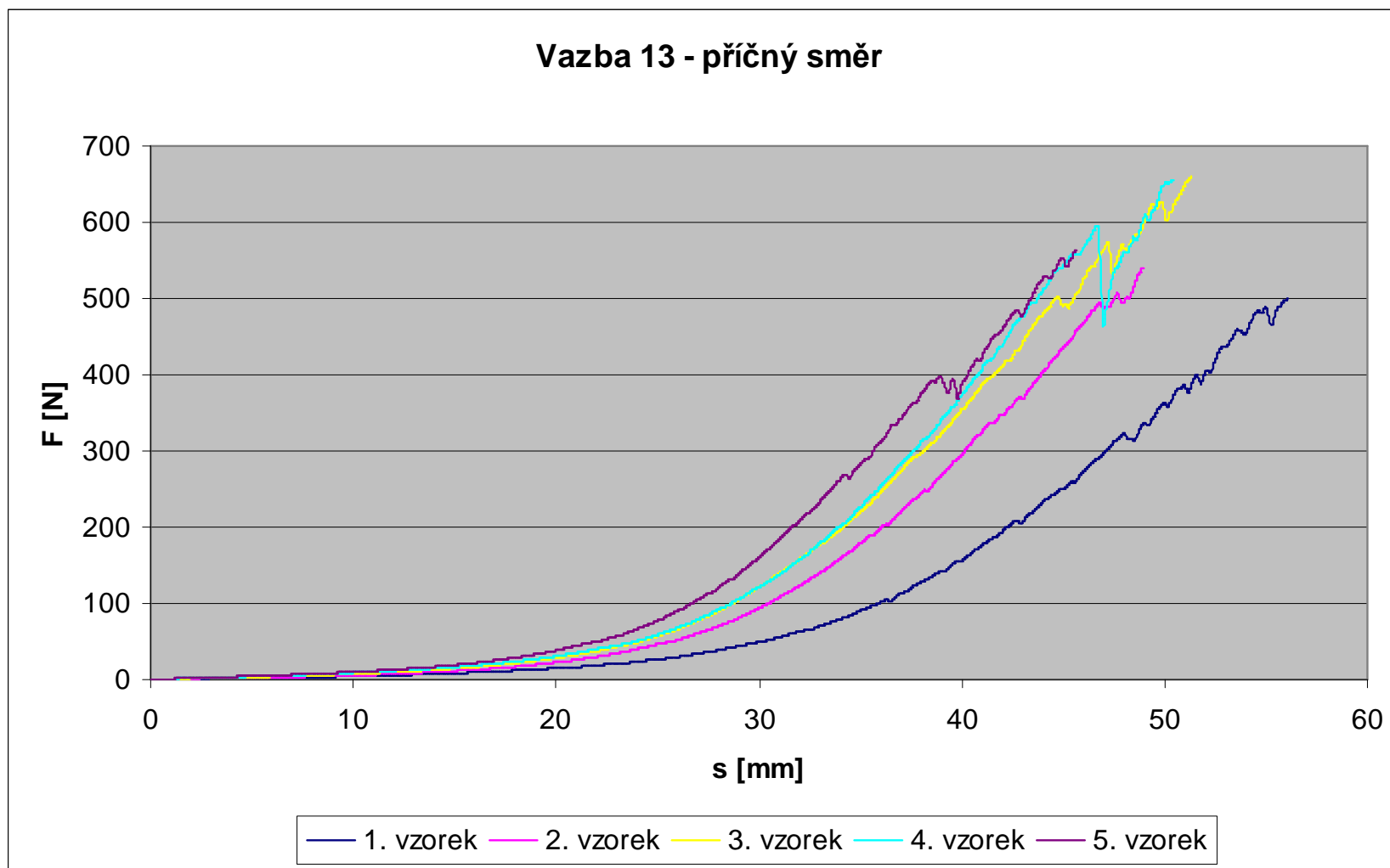
Graf závislosti F na s – vazba 11 příčný směr



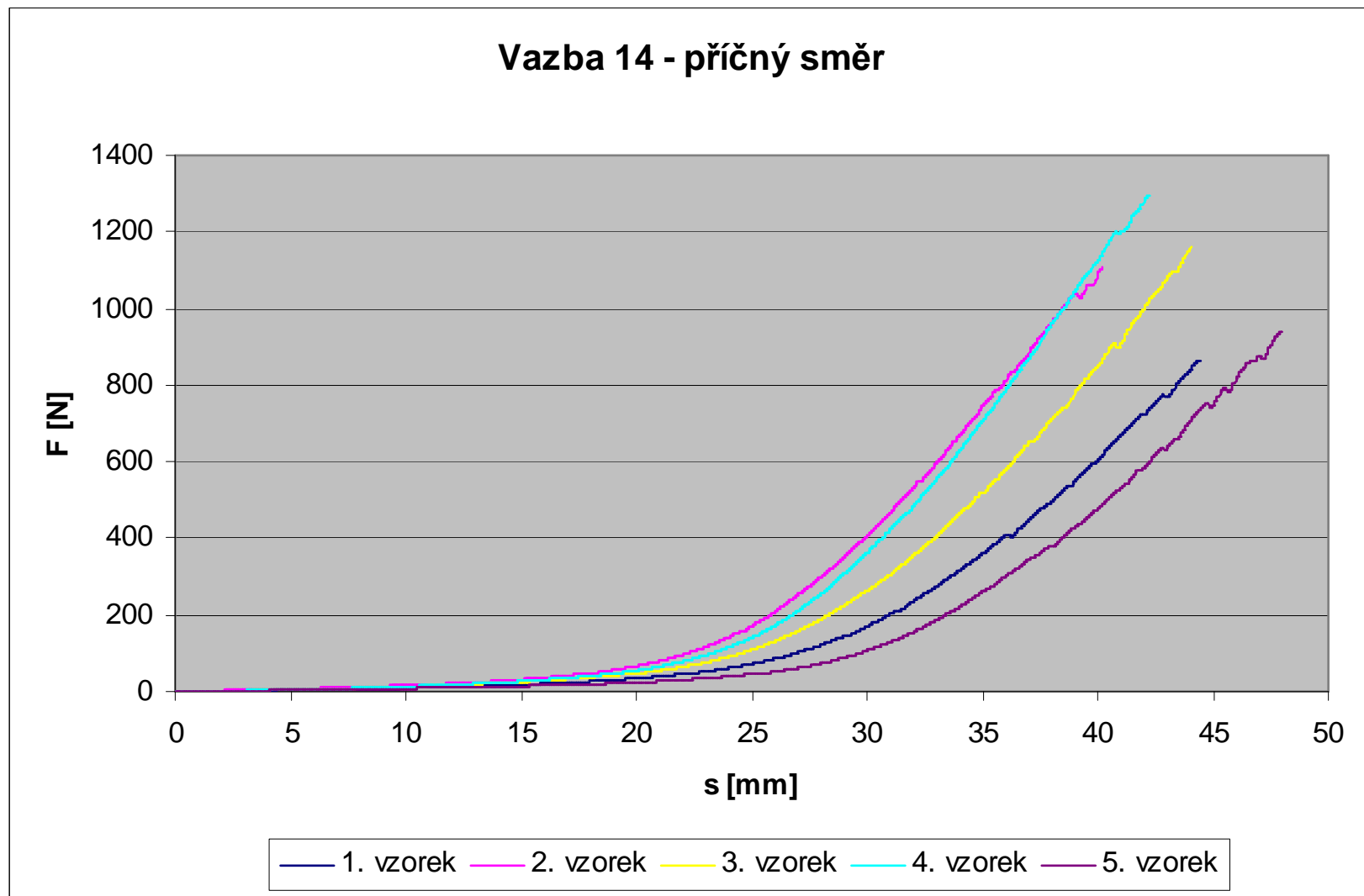
Graf závislosti F na s – vazba 12 příčný směr



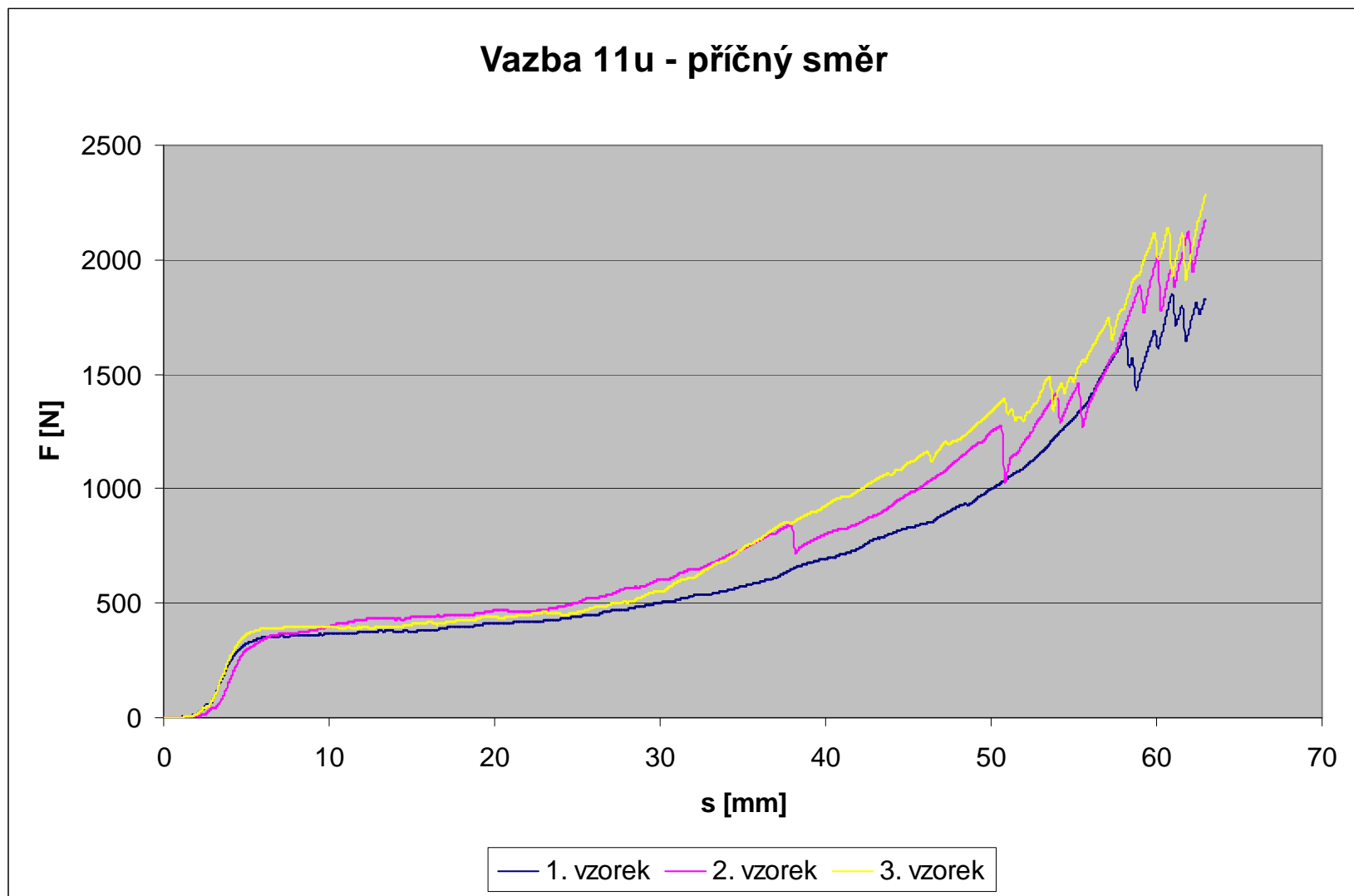
Graf závislosti F na s – vazba 13 příčný směr



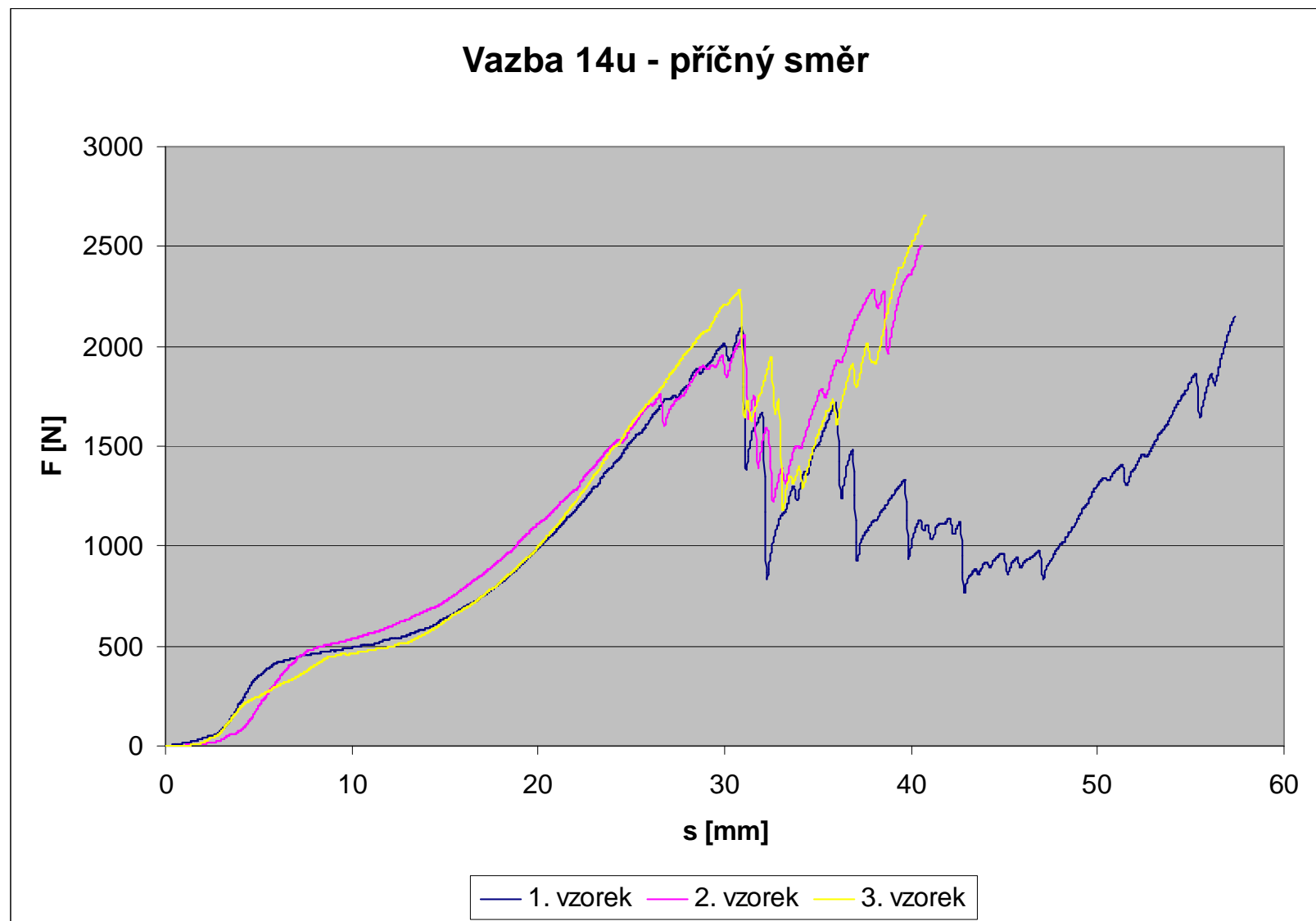
Graf závislosti F na s – vazba 14 příčný směr



Graf závislosti F na s – vazba 11u příčný směr



Graf závislosti F na s – vazba 14u příčný směr



Statistické zpracování mechanických vlastností pletenin

	Vazba 11				Vazba 11u	
	podélný		příčný		příčný	
	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]
Průměrná hodnota	32,15	391,14	33,17	585,64	31,25	2156,52
Směrodatná odchylka	2,37	58,42	1,4	80,54	0,68	282,77
Variační koeficient	7,38	14,94	4,21	13,75	2,17	13,11
95% IS min	30,01	338,49	31,91	513,06	30,33	1772,32
95% IS max	34,29	443,79	34,43	658,30	32,17	2540,72

	Vazba 12			
	podélný		příčný	
	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]
Průměrná hodnota	24,38	467,29	35,81	484,94
Směrodatná odchylka	5,52	84,68	1,2	98,04
Variační koeficient	22,63	18,12	3,36	20,22
95% IS min	19,41	390,98	34,73	396,59
95% IS max	29,35	543,60	36,89	573,29

Statistické zpracování mechanických vlastností pletenin

	Vazba 13			
	podélný		příčný	
	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]
Průměrná hodnota	28,6	477,58	25,24	583,51
Směrodatná odchylka	1,76	50,44	1,9	71,16
Variační koeficient	6,14	10,56	7,53	12,19
95% IS min	27,01	432,13	23,53	519,38
95% IS max	30,19	523,03	26,95	647,64

	Vazba 14				Vazba 14u	
	podélný		příčný		příčný	
	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]	A max [%]	F max [N]
Průměrná hodnota	31,09	538,68	21,88	1073,31	23,12	2436,18
Směrodatná odchylka	0,96	45,68	1,44	173,64	4,82	258,49
Variační koeficient	3,09	8,48	6,58	16,18	20,87	10,61
95% IS min	30,22	497,52	20,58	916,83	16,57	2084,97
95% IS max	31,96	579,84	23,18	1229,79	29,67	2787,39